

149

SSAB

Thesis

By E. Pals, 1949

**Analysis of Ljungstrom Oil
and Its Use as Liquid Fuel**

beträffande reabränsle.

Om jag är rätt underrättad använder Flygvapnet i huvudsak två slags rea-bränslen, MC 75 och MC 77. Av dessa utgöres det förre av en fraktion, som i kokpunktshänseende i huvudsak ligger mellan 200 och 300° med en högsta aromathalt av 20 % och en svavelhalt på max 0,20 %. Apparativ utrustning för produktion av reabränsle av denna kvalitet finns icke i Kvarntorp. Det senare, MC 77, är tydligen det bränsle som i första hand intresserar Flygvapnet, är en produkt, som i kokpunktshänseende i huvudsak ligger mellan 100 och 205°, med en högsta aromathalt av 25 %, en max. svavelhalt av 0,4 % och ett bromtal på max. 3.

Med nuvarande kapacitet i Kvarntorp (cirka 120.000 m³ olja/år) kan av denna fraktion framställas cirka 20.000 m³. Aromathalten på denna ligger emellertid omkring 30 %, svavelhalten omkring 0,3 %, medan bromtalet är väsentligt mycket högre än 3. Detta senare beror på hög halt av olefiner. Om denna fraktion skulle uttagas och användas som reabränsle erhålles samtidigt cirka 15.000 m³ bensin med lägre kokpunkt. Denna kan icke användas direkt utan måste inblandas i tyngre bensin. För att reabränsle-fraktionen skall fylla normerna, måste den underkastas en hydrering, vilket kommer att ske i det planerade raffinaderiet. Härvid torde praktiskt taget alla olefiner hydreras och kanske så stor del av aromaterna, att deras halt icke kommer att överstiga 25 %. Kvantiteten blir oförändrad eller cirka 20.000 m³/år. Den lättare fraktionen kommer också att förefinnas i oförändrad kvantitet.

Om verket skulle bestå av endast en Ljungströmsanläggning ökar den kvantitet MC 77, som kan produceras. Man kan i stort sett räkna med att Ljungströmsoljan ger dubbelt så mycket MC 77 som ugnsoljan. Om Ljungströmsanläggningen skall utökas men ingen utbyggnad av verket för övrigt sker, måste tillverkningen av ugnsolja minska med motsvarande mängd, enär biproduktanläggningarna redan i dag är fullbelagda. Det nya raffinaderiets kapacitet beräknas bli 50 % större än det nuvarande, vilket skulle betyda, att om råvara finns i tillräcklig mängd skulle cirka 30.000 m³ MC 77 kunna tagas fram.

Förutsättes sålunda att ett nytt raffinaderi finns men ingen utbyggnad av verket får övrigt föreligger bortsett från att en del ugnsolja ersättes med motsvarande mängd Ljungströmsolja genom utbyggnad av Ljungströmsfältet och nedläggning av vissa ugnsenheter skall den maximala produktionen av MC 77 bli cirka 30.000 m³/år.

Man torde kunna räkna med att igångkörning av ett Ljungströmsfält tar ungefär 5 månader och ytterligare någon månad tills man har nått full produktion.

Destillationsanläggningens kapacitet är maximalt 45.000 m³/år.

Märkes Kvarntorp den 12.2.59.

E. Stenlund

Undersökning av den toppade hydrerate
linneströmlan med avseende på dess
lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle.

Examensarbete VT 1949.

av Ernst W. van der Pals. C.T.H.

Företal.

Föreliggande arbete har under våren 1949 utförts som examensarbete vid Destillationslaboratoriet, Närkes Kvarntorp. Det torde få betraktas som ett värdefullt led i de här pågående undersökningarna av 200 - 300^o-fraktionen av den svenska skifferoljan, ehuru dess resultat icke ger anledning till någon större optimism beträffande den omedelbara praktiska användningen av den hydrerade Ljungströmsoljan, åtminstone inte såsom dieselbränsle. Som reaktionsbränsle kan den möjligen komma till användning, om motorerna kunna tillgodogöra sig den höga aromathalten men besked i denna fråga kan erhållas först när en standardiserad provmotor står till förfogande.

Litteratursammanställningarna och metodbeskrivningarna i arbetet ha stor betydelse för våra fortsatta undersökningar på området.

Närkes Kvarntorp den 24/5 1949.

R. Bille

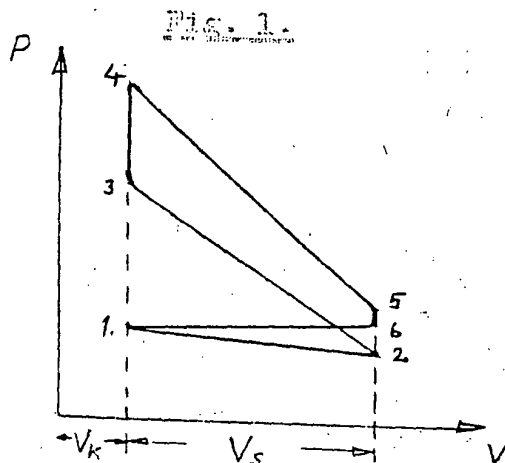
Innehållsförteckning.

	Sid.
Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmoljan med avseende på dess lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle 1	
Inverkan av dieselbränslets sammansättning på motordrift och lagring	14
Principen för reaktions- och gasturbinmotorer	23
Egenskaper hos och fordringar för reaktionsbränslen	25
Hydreringen av Ljungströmoljan	35
Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmoljan	38
Resultat av undersökningen	46
Bilaga	48
Litteraturförteckning över analys av fotogener och tyngre oljors sammansättning	55
Litteraturförteckning	57
Normer för dieselbränslen	58
Normer för reaktionsbränslen	59

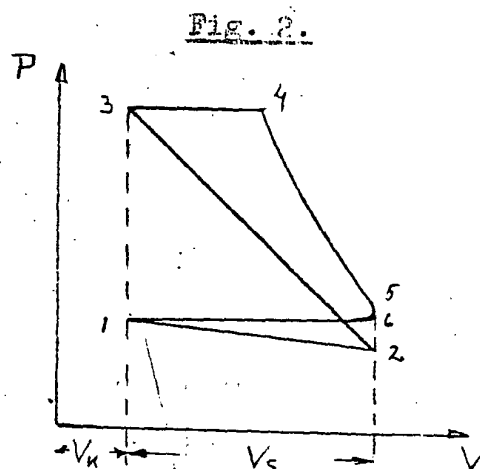
Undersökning av den toppade hydrerade Ljungsströmlan med avseende på dess lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle.

Jämförelse mellan bensinmotor och dieselmotor. (1).

Den principiella skillnaden mellan verkningssättet för en bensinmotor och en dieselmotor är den, att förbränningen i bensinmotor sker vid konstant volym medan den i dieselmotor sker vid konstant tryck.



Ideellt indikatorgram för en 4-takts bensinmotor.



Ideellt indikatorgram för en 4-takts dieselmotor.

- 1 - 2 Takt 1 = Insugningslaget
- 2 - 3 Takt 2 = Kompressionslaget
- 3 - 4 Förbränning
- 4 - 5 Takt 3 = Expansionslaget
- 5 - 6 Utbläsning
- 6 - 1 Takt 4 = Avgaserna utskjutas

Fig. 1 visar indikatorgrammet för en ideellt arbetande 4-takts bensinmotor. Bränsle-luftblandningen inkommer under insugningslaget och antändes (med tändstift eller på annat sätt). Vid kompressionslagets slut. I den ideala motorn sker förbränningen momentant. I praktiken kan däremot en momentan förbränning inte åstadkommas, en vågfront utvecklas och vandrar genom den obrända bränsle-luftblandningen. Av utslagsgivande betydelse är kompressionsförhållandet.

$\frac{V_k + V_a}{V_k}$, se fig. 1). Vid ökande kompressionsförhållande blir

temperaturen för bränsle-luft blandningen vid antändningen, högre, och risker för knackning ökas. För moderna bensiner ligger maximala kompressionsförhållandet omkring 7:1.

Fig. 2 visar indikatordiagrammet för en ideellt arbetande 4-takts dieselmotor. I denna komprimeras endast luft och bränslet sprutas in i cylindern vid kompressionsslagets slut. (I Hesselman och tändkulemotorer, som arbeta med både volym och tryckökning under förbränningen, insprutas bränslet under kompressionsslaget). Det vid kompressionen utvecklade värmot antänder bränslet. I den ideala motorn förbrinner bränslet under konstant tryck d.v.s. kolven rör sig en viss vevvinkel under förbränningen. I praktiken kan man dock inte undvika en viss tryckökning. Kompressionsförhållandet bör vara avsevärt högre än hos bensinmotorn, då det ju är kompressionsvärmot som antänder bränslet. För moderna motorer varierar kompressionsförhållandet mellan 14:1 och 17:1.

För att erhålla en god motoreffekt fordras för det första god fördelning av bränslet i cylindern och tillräckligt finfördelning av oljedropparna. Problemet är komplicerat emedan blandningen av luft och bränsle måste ske under mycket kort tid. Dieselmotorn har en tid motsvarande c:a 30 graders vevvinkel att erhålla en god luft-bränsleblandning medan bensinmotorn kan disponera 360 graders vevvinkel.

För det andra strävar man efter att uppnå god effekt med den intagna luftmängden, emedan större luftmängd betyder större kompressionsarbete och således en minskning av vunnit arbete. Det är således av vikt att bränsle-luft blandningen tändes sig omedelbart vid bränsleinsprutningen. Bränslets förmåga att tända snabbt anges av tändfördröjningen. Denna definieras som tidsperioden, eller vevvinkeln, mellan början av bränsleinjektionen och början av förbränningen, och påverkas av följande faktorer.

1. Fysikaliska faktorer, innefattande den tid som är nödvändig för att värma och förgasa bränslet. De äro beroende av finfördelning turbulens, temperatur och tryck.

2. Kemiska faktorer, innefattande den tid som fordras för att reaktionsvärmot, utvecklat vid lokala förbränningspunkter, skall böja bränsle-luft blandningen till förbränningstemperaturen.

Dessa påverkas i hög grad av bränslets sammansättning.

Då antändningen fördröjes samlar sig mer och mer bränsle i cylindern tills förbränningstemperaturen uppnås. Hela den intagna bränslemängden förbrinner då på en gång och ger upphov till en tryckvåg som åstadkommer knackning. Härav följer minskad motoreffekt, starkare rökutveckling, utspädning av cylinderoljan och koksavlagringar i cylindern och på kolven. Åtgärder som underlätta bränslets oxidation, såsom förbättrad bränsletillförsel högre kompressionsförhållande m.m. minskar tändfördröjningen och risken för knackningar.

Fordringar på och egenskaper hos dieselbränslen.

De fordringar man ställer på ett dieselbränsle kunna indelas i följande huvudgrupper. (2).

- | | |
|---|--|
| 1. Tändvillighet (Ignition Quality). | <u>Analysmetod</u>
Cetantal m.fl. motsvarande fysikaliska konstanter. |
| 2. Renhet | Sediment, vattenhalt
askhalt, (hartstal). |
| 3. Flytbarhet och finfördelningsförmåga | Viskositet
lägsta flyttemperatur. |
| 4. Flyktighet | ASTM-destillation,
flampunkt, förkokningstal |
| 5. Korrosion | Svavelhalt, fri syra
korrosivt svavel. |

Tändvilligheten.

Tändvilligheten är ett mått på den tid, eller vevinkel, som förflyter mellan början av bränsleinjektionen och början av förbränningen. Ju kortare tid -- ju bättre tändegenskaper hos bränslet. Tändvilligheten uttryckes av cetantalet. Detta definieras som -- och är numeriskt lika med den volymprocent cetan (n-hexadekan), i en blandning av cetan och α -metylnaftalin, som har samma tändfördröjning som bränslet.

Cetantalet bestäms i en speciell provmotor, kallad CFR-motorn (CFR = Cooperative Fuel Research committee.) (313) Bestämningen kan ske på två sätt, dels genom mätning av den vevinkel som motsvarar tändfördröjningen, (Ignition Delay Method) eller genom att mäta kritiska kompressionsförhållandet, d.v.s. det minsta kompressionsförhållande som fordras för att dieselbräns-

let skall tända (Critical Compression Ratio Method). De båda metoderna ge högst avvikande värden och den förra användes allmännast.

Cetan är ett rent paraffinkolväte och förbrinner lätt. Dess cetantal har valts till 100. α -metylnaftalin har en mycket lång tändfördröjning och dess cetantal har valts till 0.

I CFR-motorn provas först bränslet, och därefter olika blandningar av cetan och α -metylnaftalin. Volymprocenten cetan i den blandning, som ger samma tändfördröjning som provet, anger dess cetantal. I stället för cetan och α -metylnaftalin användes ofta speciella jämförelsebränslen, som blandas med varandra i olika förhållanden. Undersökningar över förbränningsförloppet ge vid handen att knackning troligen föregår förbränningen. Därför förbrännes paraffiniska ämnen, som äro termiskt mer instabila än aromater och naftener, lättare och snabbare. Paraffinhalt och andra fysikaliska konstanter kunna därför ge ett mått på dieselbränslets lämplighet. En mängd konstanter och formler ha utarbetats, och många användas alltjämt. Bland dessa kan nämnas (1) (2).

a). Anilinpunkten (den temperatur vid vilken lika delar anilin och olja bli fullt blandbara med varandra). Denna stiger med ökande paraffinhalt och ger således ett mått på oljans paraffiniska karaktär.

b). Dieselindex:

$$\text{Dieselindex} = \frac{\text{Anilinpunkt } (^{\circ}\text{F}) \times \text{API } (60^{\circ}\text{F})}{100}$$

API = specifika vikten omräknad i API-enheter.

Dieselindex ökar med stigande cetantal. Det är en av de mest använda konstanterna.

c). "Viscosity - Gravity constant" användes för att karakterisera paraffiniteten i smörjoljor. En modifierad form kan användas för dieseloljor:

$$A = \frac{10 G - 1.0752 \log (V - 38)}{10 - \log (V - 38)}$$

A = Viscosity - Gravity Constant.

G = Specifik vikt vid 60°F

V = Viskositet i SSU (Sekunder Saybolt Universal) vid 100°F

Konstanten minskar med ökande cetantal.

d). "Boilingpoint - Gravity Index"

$$G = (A + 68 - 0,703 A) \log B.P.$$

G = grader API vid 60°F

A = Boilingpoint - Gravity Index

BP = Temperaturen för 50 procent överdestillerat vid ASTM destillation, i °C.

Faktorn minskar med stigande cetantal.

e). UOP karakteriseringsfaktor

$$k = \frac{(T_b)^{1/3}}{S}$$

k = karakteriseringsfaktorn

S = specifik vikt vid 60°F

T_b = molara medelkokpunkten i grader Rankine (°F + 460)

För dieseloljor användes 50 % destillationstemperaturen i grader Rankine.

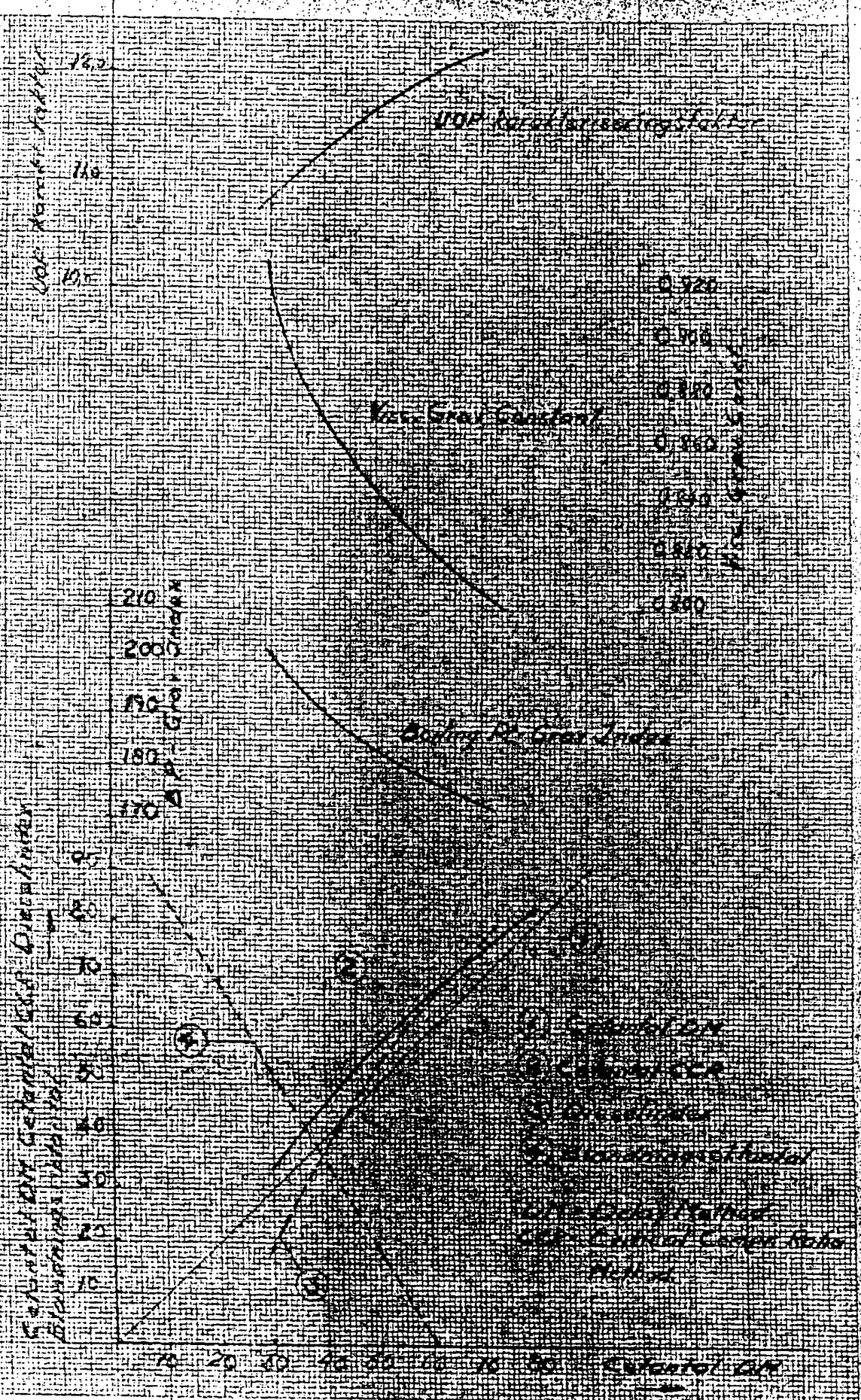
Faktorn ökar med ökande cetantal.

f). Blandningsoktantal. Detta beräknas ur oktantalet för en blandning av 25 % dieselbränsle och 75 % referensbensin med känt oktantal, på följande sätt:
 $0,25 (\text{Blandningsoktantal}) + 0,75 (\text{referensoktantal}) = \text{oktantalet för dieselolja- bensinblandningen. Blandningsoktantalet (Blandning Octane Number) minskar med stigande cetantal.}$

Fig. 3 visar de olika konstanternas variation med cetantalet.

Många av dessa konstanter har den nackdelen att de påverkas av råoljans natur och därför endast ge pålitliga värden vid jämförande prov på dieseloljor av samma typ.

Olika laboratorier ha utarbetat formler enligt vilka ett cetantal kan beräknas, som numeriskt överensstämmer med det som erhålles i CFR-motorn. En kommitté vid Institute of Petroleum i London (4) jämförde dessa formler och beräknade felprocenten i dem. Tabell 1 anger respektive formler och den noggrannhet de ge.



Calculated Dry Gas Volume (CC) Displacement

Vapor Pressure Factor

Vapor Pressure Constant

Boiling Point Gas Index

- 1. Calculated Dry Gas Volume (CC)
- 2. Calculated Dry Gas Volume (CC)
- 3. Vapor Pressure
- 4. Boiling Point Gas Index
- 5. Calculated Dry Gas Volume (CC)
- 6. Calculated Dry Gas Volume (CC)
- 7. Calculated Dry Gas Volume (CC)

Calculated Dry Gas Volume (CC)

Tabell 1.

C.N. = cetantal; D.I. = dieselindex; M.B.Pt = medelkokpunkt
d.v.s. temperaturen för 50 % överdestillerat vid ASTM destilla-
tion. S G = specifik vikt.

	Formel	Noggrannhet: % inom angivna värden		
		+2	+3	+5
1.	$C.N. = \frac{2}{3} D.I. + 0,068 M.B.Pt (^{\circ}F) - 22$	53	67	92
2.	$C.N. = \frac{2}{3} D.I. + 14$	45	60	87
3.	$C.N. = \frac{D.I. \times M.B.Pt (^{\circ}F)}{810} + 14$	39	63	92
4.	$C.N. = \frac{D.I. \times M.B.Pt (^{\circ}F)}{790} + 13$	23	5	82
5.	$C.N. = D.I.$	42	53	72
6.	$C.N. = \frac{2}{3} D.I. + 0,068 M.B.Pt (^{\circ}F) - 0,685^{\circ}API + 10,5$	41,5	61	91,5
7.	$C.N. = 0,18 A.P.I. - 10,5$	10,5	17,5	--
8.	$C.N. = 0,372 \times (\text{Anilinpunkt}) - 7$	40	53	82
9.	$C.N. = \frac{M.B.Pt (^{\circ}C)}{5 \cdot (Sg)^4} - 56$	29	39	69
10.	$C.N. = 175,4 \log (M.B.Pt ^{\circ}F) + 1,98 API - 496$	60	77	94

Formlerna provades på sammanlagt 102 dieselbränslen, varvid formel 10 visade sig vara den noggrannaste (se tabell 1). Denna kontrollerades med ytterligare 579 dieseloljor.

Av dessa gav:

70% ett fel = ± 2 cetantal

83% ett fel = ± 3 "

94% ett fel = ± 5 "

Dock har man ej stor erfarenhet av skifferoljor och hydrerade oljor. En skifferolja med cetantalet 57 fick enligt formeln ett cetantal = 57, och en hydrerad olja med cetantalet 48 fick ett cetantal = 51.

Det föreslås av kommittén att cetantalet beräknat enligt nedanstående formel kallas "cetanindex".

$$\text{Cetanindex} = 175,4 \log (\text{Medelkokpunkt } ^\circ\text{F}) + 1,98 \text{ API}^\circ - 496.$$

Med medelkokpunkten menas temperaturen för 50 % överdestillerat vid ASTM-destillation. Med nomogrammet i fig. 4 kan cetanindex lätt beräknas. Formeln gäller ej för bränslen innehållande cetantalsköljande tillsatsmedel.

En annan metod för beräkning av cetantalet, som inte ingår bland de förutnämnda, har utarbetats av Heinze, Marder och Vorberg (5, 6). Vid utvecklandet av denna metod påstod Heinze och Marder att kokpunktsindex är ett mått på molekylstorleken och anger lättheten att kracka, samt att specifika vikten anger oljans paraffiniska eller aromatiska karaktär. Cetantalsbestämningen tillgår på följande sätt:

Specifika vikten vid 15°C bestäms med aerometer med tre decimalers noggrannhet. Kokpunktsindex (SKZ) beräknas ur ASTM destillationskurvan på följande sätt:

Temperaturerna för 5, 15, 25 o.s.v. till 95 % överdestillerat summeras och divideras med 10. Om oljan börjar kracka före 95 % överdestillerat, summeras temperaturerna för de 10 graders fraktioner som destillerat över, och summan divideras med antalet fraktioner. Ur tabell 2 fås ett cetantal (CaZ_{300}) hänförendes sig till kokpunktsindex 300°C , för den specifika vikt provet har. Detta cetantal korrigeras sedan med en korrektionsfaktor ($\text{CaZ}_{\text{korrr}}$) som fås ur tabell 3 och motsvarar provets kokpunktsindex (SKZ). Korrektionen utföres enligt följande ekvationer.

$$\text{CaZ}_{\text{lab.}} = \text{CaZ}_{300} - \text{CaZ}_{\text{korrr.}} \text{ om SKZ } 300^\circ\text{C}$$

$$\text{CaZ}_{\text{lab.}} = \text{CaZ}_{300} + \text{CaZ}_{\text{korrr.}} \text{ om SKZ } 300^\circ\text{C}$$

Fig. 5 visar ett nomogram med vilket $CaZ_{lab.}$ direkt kan beräknas.

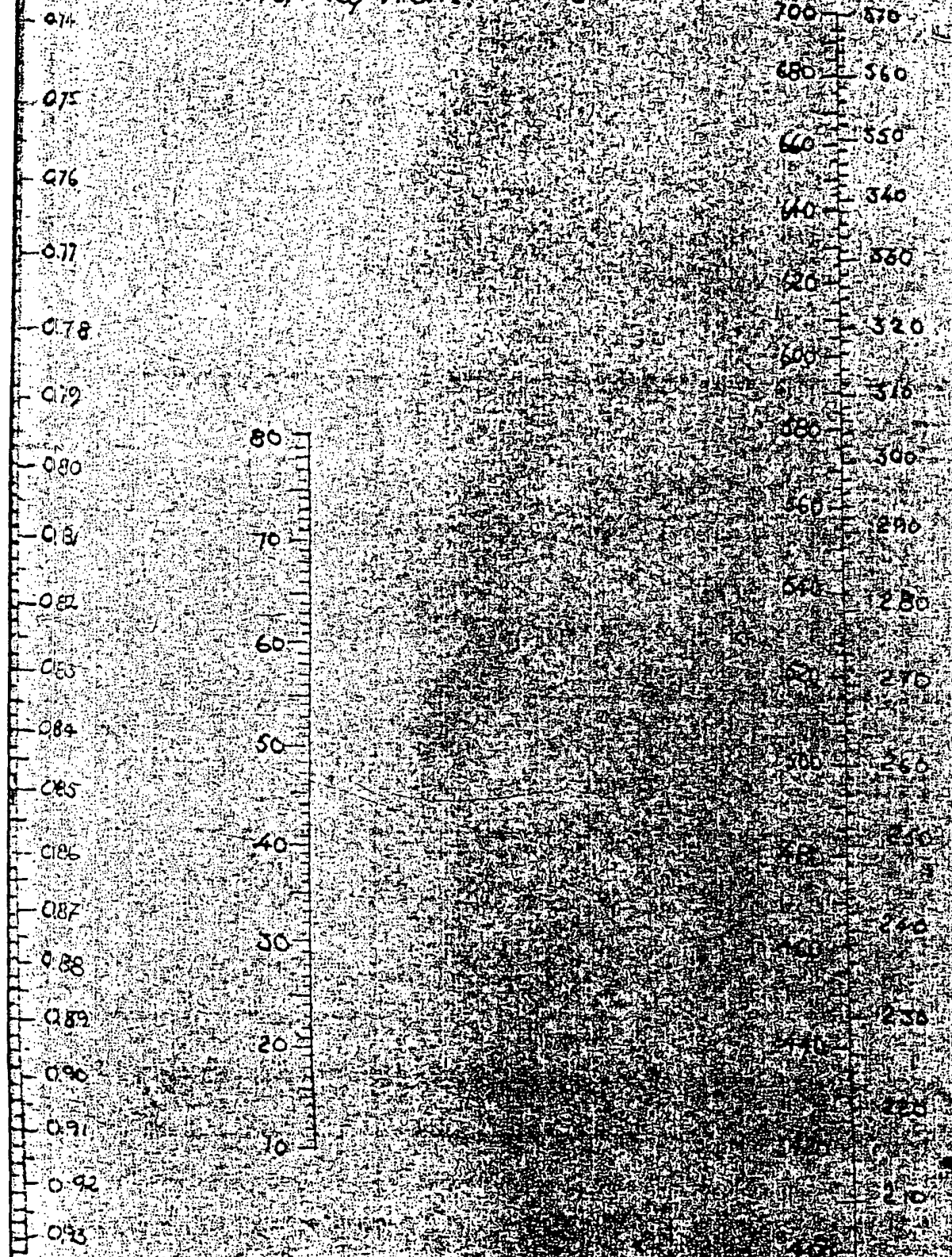
För att pröva metodens noggrannhet beräknades CaZ för 60 dieseloljor med kända cetantal, härstammande från olika råoljor, syntetiska bränslen m.m. Tabell 4 visar noggrannheten i denna metod. Den kan inte användas för bränslen med cetantalshöjande tillsatsmedel eller oljeblandningar av mycket varierande sammansättning.

Tabell 4.

65 %	av	proven	visade	ett	fel	\approx	2	cetantal
85 %	"	"	"	"	"	\approx	3	"
95 %	"	"	"	"	"	\approx	4	"

Nomogram for Cetaninder

175.4 log MBPI °F + 198 API - 496



Sp. T. 15°	Sp. T. 15°	Sp. T. 15°	Sp. T. 15°	Sp. T. 15°	Sp. T. 15°		
0,760	112	0,820	79	0,880	47,0	0,940	27,0
2	110	2	78	2	45,5	2	25,5
4	108	4	77	4	45,0	4	25,0
6	106	6	76	6	44,5	6	25,0
8	104	8	75	8	44,0	8	25,4
0,770	102	0,830	65,0	0,890	41,0	0,950	24,0
2	100	2	64,5	2	40,5	2	23,0
4	98	4	64,0	4	40,0	4	22,5
6	96	6	63,0	6	39,5	6	22,0
8	94	8	62,0	8	39,0	8	21,5
0,780	92	0,840	61,0	0,900	40,5	0,960	21,0
2	90	2	60,0	2	40,0	2	20,0
4	89	4	59,0	4	39,5	4	19,5
6	88	6	58,0	6	39,0	6	19,0
8	87	8	57,5	8	38,5	8	18,5
0,790	85	0,850	57,0	0,910	37,0		
2	84	2	56,0	2	36,5		
4	83	4	55,0	4	36,0		
6	82	6	54,5	6	35,5		
8	81	8	54,0	8	35,0		
0,800	80	0,860	53,0	0,920	34,0		
2	79	2	52,0	2	33,0		
4	78	4	51,5	4	32,5		
6	77	6	51,0	6	32,0		
8	76	8	50,0	8	31,0		
0,810	75	0,870	49,5	0,930	30,5		
2	74	2	49,0	2	30,0		
4	73	4	48,5	4	29,5		
6	72	6	48,0	6	29,0		
8	71	8	47,5	8	28,5		

Tabell 3.

Korrektion av Cetantal för varierande kokpunktsindex. (SKZ).

SKZ funnen	CaZ _{korrr}	SKZ funnen	CaZ _{korrr}	SKZ funnen	CaZ _{korrr}
200	40,0	250	17,5	300	0,0
202	39,0	252	17,0	302	0,5
204	38,0	254	16,0	304	1,0
206	37,0	256	15,0	306	1,5
208	36,0	258	14,5	308	2,5
210	35,5	260	13,5	310	3,0
212	34,5	262	13,0	312	3,5
214	33,5	264	12,0	314	4,0
216	32,5	266	11,0	316	4,5
218	31,5	268	10,5	318	4,5
220	31,0	270	10,0	320	5,0
222	30,0	272	9,0	322	5,5
224	29,0	274	8,5	324	6,0
226	28,0	276	7,5	326	6,0
228	27,0	278	7,0	328	6,5
230	26,0	280	6,5	330	7,0
232	25,5	282	5,5	332	7,5
234	24,5	284	5,0	334	7,5
236	24,0	286	4,5	336	8,0
238	23,0	288	3,5	338	8,0
240	22,0	290	3,0	340	8,5
242	21,0	292	2,5	342	8,5
244	20,0	294	2,0	344	9,0
246	19,0	296	1,0	346	9,0
248	18,0	298	0,5	348	9,5

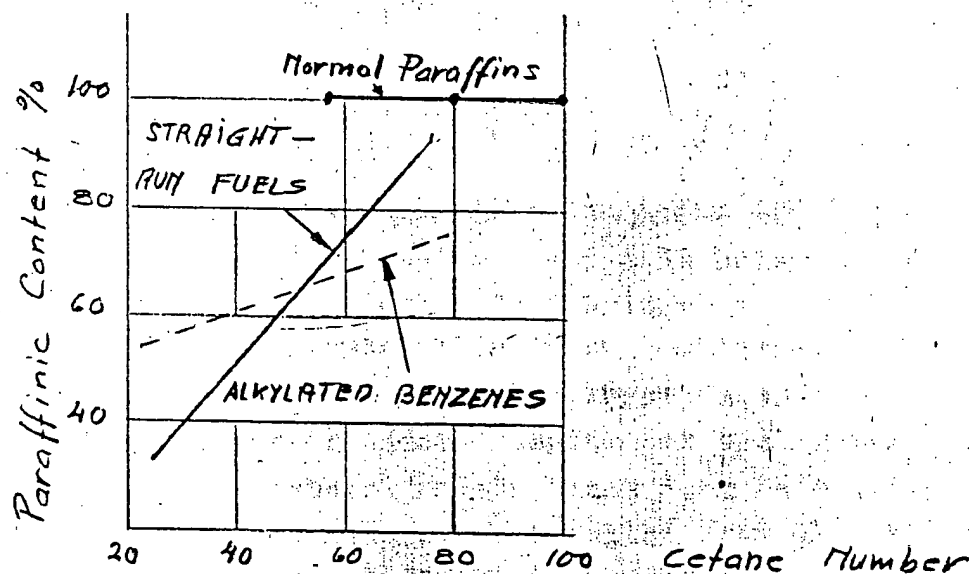
Cetantalet enligt Marder kallas i fortsättningen CaZ (Cetanzahl) för att undvika sammanblandning med de andra konstanterna. På de hydrerade oljefraktionerna ha Dieselindex, Cetanindex och CaZ beräknats. (Se tabell 15 och fig. 18.)

Cetantalets förhållande till dieseloljans sammansättning.

Undersökningar över förbränningsförloppet i cylindern visa att en krackning troligen föregår förbränningen. Paraffiner, som äro termiskt mer instabila än aromater och nafterner krackas och antändes lättare och ha högt cetantal. Aromaterna äro värmebeständigare och ha lång tändfördröjning och lågt cetantal, medan nafterna och olefinerna ligga mitt emellan.

Cetantalets stigning med paraffinhalten synes i fig. 6.

Fig. 6.



Cetane Number as a funktion of the Paraffin Content.

Paraffinhalten är dock på intet sätt utslagsgivande för en god dieselolja. Bl.a. ha flyktigheten, molekylvikten och framför allt råoljans natur inflytande på tändvilligheten.

Två ryska forskare Erhov och Zelenin (10) undersökte ryska skifferoljors lämplighet som dieselbränslen, och den kemiska sammansättningens inflytande på tändvilligheten. Metoden gick ut på att avlägsna enskilda ämnesklasser och bestämma cetantalet på återstoden. Råmaterial var en skiffertjära från en tunnelugn

låggnades med 5%-ig Na_2CO_3 -lösning, fenoler med 10%-ig NaOH neutrala syreföreningar med en mättad lösning av ferroklorid i saltsyra, och omättade och aromatiska föreningar med Kattwinkels blandning (konc. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$). Se tabell 5. Katt-

Tabell 5.

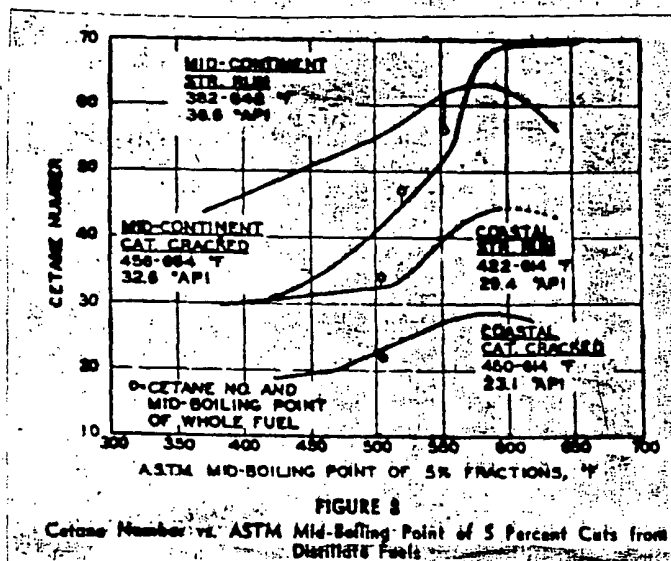
	Sammansättning i vikts %						Anilin-punkt $^{\circ}\text{C}$	Cetantal
	Organiska syror	Fenoler	Neutr. syreför.	Omättade o. aromat	Paraffin o. naft.	Spec. vikt 15°C		
Utgångsmaterial 250-350 $^{\circ}\text{C}$	3,5	6,5	21,0	47	22,0	0,945	27	25
Efter extraktion av org. syror	--	6,7	21,9	48,5	22,9	0,950	20	25
Efter fenolextraktion-	--	--	23,2	52,6	24,2	0,916	18	40
Efter extraktion av neutrala syrefören. --	--	--	--	68,1	31,9	0,916	17	30
Efter sulfonering av olefiner och aromater-	--	--	--	--	100	0,884	43	53

Ur tabellen framgår att särskilt fenolerna äro ogynnsamma beståndsdelar i dieseloljan. Däremot verka de neutrala syreföreningarna höjande på cetantalet. Undersökningar i Amerika och Tyskland (11, 15), av cetantalshöjande tillsatsmedel, visa att peroxider och andra organiska syreföreningar ha en viss cetantalshöjande verkan, varför sådana komponenter tydligen äro fullgoda beståndsdelar i dieseloljan. De kunna dock ha en viss korroderande inverkan på motorn. Ur tabellen framgår också att anilinpunkten inte har något direkt samband med cetantalet för denna skifferolja.

Erhov och Zelenin undersökte även cetantalets variation med medelkokpunkterna för olika fraktioner av en skifferdieselolja. Skifferolja från en tunnelugn av-fenoliserades med lut, tvättades med vatten och fraktionerades i 10 graders fraktioner från 200 till 350 $^{\circ}\text{C}$. Cetantalet för fraktionerna mellan 200 och 280 $^{\circ}\text{C}$ var i medeltal 43, medan de tyngre fraktionerna till 350 $^{\circ}\text{C}$ visade lägre värden, i medeltal 36.

Tendensen hos cetantalet att sjunka med stigande kokpunkt torde dock vara specifik för denna skifferolja. Diesellojor med petroleumursprung visa genomgående en ökning av cetantalet med stigande kokpunkter (8, 12). Fig. 7 anger förhållandet mellan cetantalet och medelkokpunkten för 5- graders fraktioner av två "Straightrun" och två katalytiskt krackade diesellojor inom samma kokintervall (12).

Fig. 7.



Ur figuren framgår att cetantalet ökar med stigande kokpunkt, och att alla kurvorna ha ett maximum vid ungefär samma temperatur (c:a 300°C). Dieselbränslen med kokintervall omkring och över 300°C kunna dock ej användas bl.a. på grund av ökad koks-bildning och rökutveckling i motorn.

Cetantalen i de undersökta fraktionerna av den hydrerade Ljungströmoljan visa även samma tendens att stiga med stigande kokintervall (se fig. 18).

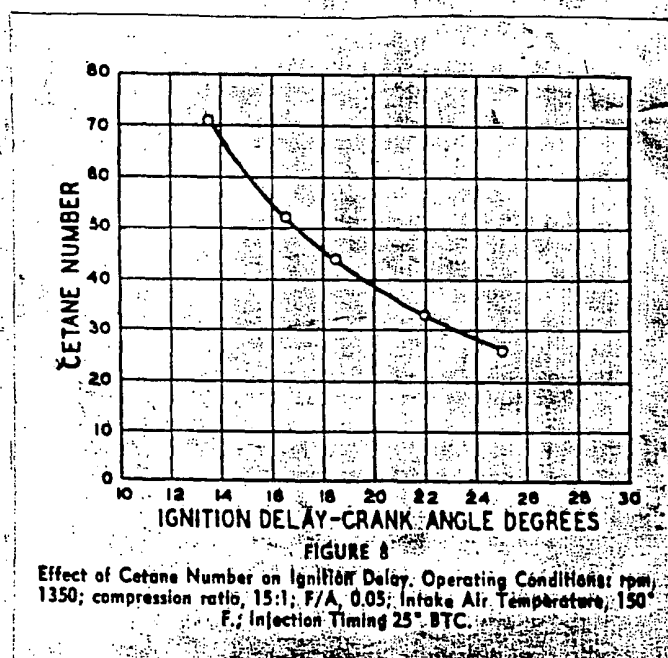
Stelningspunkten för ett dieselbränsle har stor betydelse för motordrift och start i kall väderlek. Den får inte vara för hög. Ju högre paraffinhalt och således även cetantal en olja har, ju högre blir kristallisations- och stelningsstemperaturen. I specifikationer för dieselbränslen som skola användas i kalla trakter sänkas därför fordringarna på cetantalet för att kunna erhålla en tillräckligt låg stelningspunkt. (Se tab. 16). (Normer för amerikanska armén).

Inverkan av dieselbränslets sammansättning på motordrift och lagring. (1, 13).

Cetantalet:

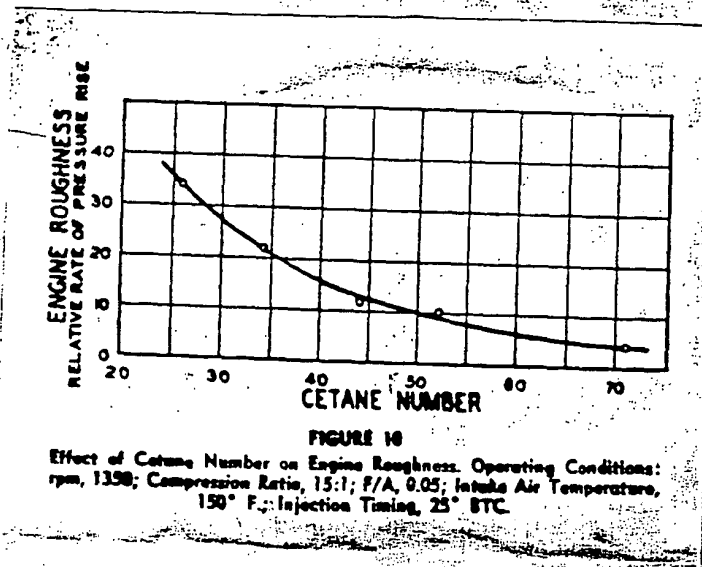
Som redan nämnts anger ett lågt cetantal stor tändfördröjning. Detta betyder att mycket bränsle samlas i cylindern för antändningen. När hela bränslemängden på en gång förbrinner uppkommer en tryckvåg som ger upphov till knackningar. Fig. 8 visar cetantalets förhållande till tändfördröjningen, mätt i vevinkelgrader (°). I figuren ser man t.ex. att ett bränsle med cetantalet 26 ger 11 grader längre tändfördröjning än en olja med cetantalet 71.

Fig. 8.



Figur 9 visar cetantalets förhållande till knackningstendensen (= engine roughness) uttryckt i relativ tryckökning vid förbränningens början.

Figur 9.



Bränslets sammansättning spelar en stor roll för snabbgående dieselmotorer. Större, långsamt arbetande motorer äro mindre känsliga på grund av den längre tidsperiod under vilken förbränningsprocesserna ske. De fordringar som ställs på cetantalet variera alltså med den motortyp bränslet är ägnat för. En sammanställning av cetantalerna för dieselbränslen från olika leverantörer år 1939 ger följande värden:

Tabell 6.

Motortyp	Cetantal	Cetantal (medelvärde)
"High speed" (14 leverantörer)	38 - 50	47
"Medium High Speed" (31 leverantörer)	35 - 60	47
"Medium Speed" (36 leverantörer)	35 - 60	43
"Low Speed" (37 leverantörer)	30 - 60	38
Diesel lokomotiv	50 - 55	—

Enligt teknologföreningens normer 1949 fordras i Sverige:

Varvtal	Cetantal
≥ 1000 r/m	min. 45
600 - 1000 r/m	" 28
300 - 600 r/m	" 25
≤ 300 r/m	" 23

Se för övrigt tabell 16.

Flyktighet, viskositet och stelningspunkt:

De oljedestillat som användas som dieselbränslen bruka ha ett kokintervall mellan 150 och 350 - 400°C. Specifikationerna ange vanligen en övre temperaturgräns emedan tyngre fraktioner ha en större tendens till koksavsättningar och rökutveckling i motorn.

För god bränsletillförsel till cylindern spela viskositeten och flyktigheten en stor roll. Ett mycket flyktigt bränsle har, då det sprutas in i cylindern en dålig genomträngningsförmåga, d.v.s. oljedropparna förångas, innan de hunnit sprida sig i hela förbränningsrummet. Mycket låg-flyktiga oljor däremot förångas och förbrinna långsamt under rök- och sotutveckling.

Är viskositeten mycket låg försämrar bränslets smörjande förmåga. Detta kan dock avhjälpas genom tillsats av några procent smörjolja till dieseloljan. För hög viskositet ger en alltför genomträngande oljestråle så att oljedropparna nå cylinderväggarna innan de förångas, vilket kan ge upphov till knackningar under förbränningen. Dessutom arbetar inte bränsleinjektorn effektivt med för tjocka oljor.

Tabell 7 anger viskositeterna för dieseloljor från olika leverantörer år 1939.

Tabell 7.

Motortyp	Viskositet i cSt. vid 100°F.
"High Speed"	2,0 - 7,7
"Medium High Speed"	2,0 - 10,3
"Medium Speed"	1,6 - 13,0
"Low Speed"	4,9 - 26,4

Se även tabell 16.

Stelningspunkten och kristallisationstemperaturen ge ett mått på oljans användbarhet i kall väderlek. Med stelningspunkt menas den temperatur vid vilken oljan ej mer flyter av sin egen tyngd. Den bestämmas under särskilda specificerade förhållanden. Kristallisationstemperaturen (Cloud Point) anger den temperatur vid vilken vax börjar avskiljas och oljan blir grumlig. Paraffiniska oljor visa tydlig grumling vid en temperatur betydligt över

anges som temperaturen 2°C över stelningspunkten.

Om stelningspunkten och särskilt kristallisationstemperaturen äro höga kunna oljefiltren igensättas vid kall väderlek och förhindra inmatning till injektorn. En hög stelningspunkt antyder dessutom att viskositeten ökar kraftigt med sjunkande temperatur.

Renhet, eldsäkerhet och värmevärde:

Dieselbränslen få inte innehålla större mängder vatten, sediment eller obrännbara beståndsdelar (se tabell 16). Vattenhalten bestämmas vanligen genom destillation med xylol. Askhalten anger obrännbara beståndsdelar i oljan.

Flampunkten har ingen direkt inverkan på förbränningsförloppet i motorer (13). I dieseloljespecifikationer anges vanligen en minimiflampunkt, för att minska eldfaran och hindra att dieselbränslena hänföras till 1:sta klass eldfarliga vätskor. Flampunkten är den temperatur vid vilken oljeångorna fatta eld vid kontakt med en brinnande låga. Den bestämmas antingen i slutet rum (Pensky-Martens, Abel) eller i öppet rum (Marcussen m.fl.)

Värmevärdet kan anges antingen i kcal/kg eller kcal/l. För en olja sjunker värmevärdet per viktsenhet med stigande kokintervall, medan däremot värmevärdet per volymenhet stiger med stigande kokpunkt. Då ju motorfordomens bränsletankar äro begränsade till volymen är det lämpligt att räkna med värmevärdet per volymenhet. Normerna ange dock värmevärden per kg (se tabell 11). Med tillräcklig noggrannhet för praktiska ändamål kan värmevärdet beräknas ur specifika vikten (d) Cragoe (1, 22, 29) har utarbetat följande formel för kalorimetriska värmevärdet: $k = 12400 - 2100 d^2$ kcal/kg (1). Avvikelserna äro för de flesta oljor mindre än 1%, dock ge många asiatiska råoljor ett större fel.

I Ingeniörshandboken del 1 förekommer två formler för beräkning av kalorimetriska och effektiva värmevärdet. Noggrannheten för dessa formler anges inte.

$$\text{Kal. värmevärde : } K = 9,83 + 6,67 d - 6,68 d^2 \text{ kcal/kg} \quad (2)$$

$$\text{eff. " : } W = 9,34 + 5,51 d - 5,36 d^2 \text{ kcal/kg} \quad (3)$$

För de hydrerade oljefraktionerna har K beräknats enligt formel (1) och W enligt formel (3).

Korrosion och lagerbeständighet.

Korrosion i tankar, ledningar och pumpar beror på förekomsten av korrosiva svavelföreningar, fria syror och syreföreningar i oljan. Allmänt anses, att de korrosiva svavelföreningarna, särskilt merkaptaner och fritt svavel, äro mest skadliga(9). Korrosiva svavelföreningar påvisas med "Copper Strip Test". Ett rengjort kopparbleck hålles under tre timmar i oljan vid 100°C. Detta jämföres med ett obehandlat bleck. Endast en mycket svag missfärgning är tillåten enligt de svenska normerna för snabbgående motorer.

Syratalet anger totala mängden organiska och oorganiska syror i bränslet. Det definieras som antal mg KOH per g prov.

De svavel- och kväveoxider, som bildas vid förbränningen ha på grund av den höga temperaturen i motorn inga korroderande egenskaper. Endast om avgasröret är så långt att vattenångorna kondenseras, bildas svavel- och salpetersyror som verka starkt frätande på röret (13).

Bränslen innehållande olefiner och andra omättade föreningar visa en dålig lagerbeständighet. Under lagringen sker en oxidation och polymerisation, varvid bildas hartsliknande ämnen, bestående av peroxider, aldehyder, syror och polymeriserade kolväten (14). Hartset avsätter sig i cylindern och på kolven och förorsakar driftstörningar. Hartstal bestäms i allmänhet endast för bensiner. Man skiljer här mellan potentiellt harts, d.v.s. den harts mängd som finns i bensiner då bestämningen utförs, och accelererat harts, d.v.s. den harts mängd som bildas vid accelererad åldring av bensinen genom att upphetta den under tryck, och som skall motsvara lagerbeständigheten.

För dieseloljor finns tills vidare inga specificerade metoder för bestämning av hartstalet. (En föreslagen metod, som är ganska invecklad finns beskriven i Oil and Gas Journal 1945 (20)). Tidigare ha sådana inte behövts då dieseloljor allmänt voro straight run-destillat. En med den ökande mängd katalytiskt krackade och syntetiskt framställda bränslen, som börjar komma i marknaden behövs någon metod som motsvarar oljans naturliga åldring under lagringen.

Koksavlagringar och rökutveckling.

Koksavlagringen i cylindern och på kolven bero till en del på oljans sammansättning men även i hög grad på motorkonstruktionen. Dålig kylning, dålig bränslefördelning, felaktigt luft- bränsleförhållande m.m. kunna ge upphov till ofullständig förbränning och koksavsättningar. Provkörningar under förhållanden som tendera att ge avlagringar, visade liten skillnad i koksavlagring för katalytiskt krackade och straight run destillat.

(12) Innehåller bränslet asfaltämnen bli däremot koksavsättningar besvärande. Man anser att flyktigheten har stort inflytande på koksavlagringen, som ökar med stigande medelkokpunkt.

Bränslets koksavbildande förmåga bestäms oftast enligt Conradssons metod. I en speciell apparat förbränns oljan utan lufttillträde och den bildade koksmängden vägs. För dieseloljor med låga kokstal gör man bestämningen på 10 % återstod. Provet destilleras enligt ASTM tills 90% har destillerat över. På återstoden bestämmer man sedan koksmängden.

Doyle och Landen (9) undersökte rökutvecklingen och koksavlagringen för olika dieseloljor. Man kan skilja mellan två typer av avgasrök, dels en svart rök bestående till största delen av kolpartiklar, dels en blåaktig dimlikande rök, bestående av oförbrända oljedroppar. Minst blir rökutvecklingen då bränslet fullständigt förångas, ångorna blandas väl med luften och temperaturen är tillräckligt hög.

Ofullständig blandning av syre och bränsleånger, otillräcklig tid för kemiska reaktioner och kylning av reaktionsprodukterna genom expansion, äro viktiga faktorer, som hindra fullständig förbränning och ge kolhaltig rök och koksavlagringar i motorn.

Om bränsle- luft förhållandet minskas, vilket är fallet vid tomgång eller reducerad belastning blir finfördelningen av bränslet sämre. Detta medför att oljedropparna bli för stora för att fullständigt förångas. Lokal antändning och förbränning försenas och en blå-grå rök utvecklas bestående av oförbrända oljedroppar och krackningsprodukter. Bränslets flyktighet spelar den största rollen för fullständig förbränning. Undersökningar av bränslen med olika kokintervall och samma cetantal, visa minskad rökutveckling med tilltagande flyktighet. Om cetantalets inverkan äro meningarna delade.

Enligt Doyle och Landen synes rökutvecklingen öka med stigande cetantal för lättflyktigare bränslen, medan den tycks minska med stigande cetantal för mera svårflyktiga oljor. Eventuellt finns det ett optimelt cetantal omkring 35 - 40 där rökutvecklingen är minst för de vanligen förekommande dieseloljorna (12). Den ofta obehagliga avgaslukten beror enligt Doyle och Landen (9) på förekomsten av aldehyder i avgasen. Aldehydkoncentrationen minskar något med stigande cetantal. Andre forskare (12) ha ej funnit något direkt samband mellan avgaslukt och cetantal eller flyktighet.

Tillsatsmedel och deras inflytande på dieselbränslen.

Då tändfördröjningen är beroende av bränslets termiska stabilitet och minskar ju instabilare bränslet är (hög paraffinhalt) kan man vänta sig att termiskt instabila organiska föreningar kunna höja cetantalet. Dessa gå under namnet cetantalshöjande tillsatsmedel eller acceleratorer, (eng. "accelerators", "ignition promoters", "dopes"). Marder, Heinze och Veidt (15) undersökte ett stort antal organiska föreningar bl.a. nitrater, nitriter, nitroföreningar, peroxider, uretaner, sulfider och bromider. Dessa tillsattes i varierande mängd till dieseloljor dels med petroleumursprung, dels framställda ur brunkols- och stenkolstjäror. Amylnitrat och amylnitrit visade de bästa cetantalshöjande egenskaperna. 2 procent tillsats av amylnitrat höjde t.ex. cetantalet för petroleumbränslet från 37 till 52 och för brunkolsdestillatet från 39 - 58. Tetralinperoxid visade en något mindre ökning. För att bestämma acceleratorernas inverkan på koksbildning och korrosion gjordes Conrads-son tal och korrosionsprov. Det senare utfördes så att man bestämde viktminskningen av ett zinkbleck efter inverkan av bränslet vid 100°C under 24 timmar. Redan 0,5 % tillsats av amylnitrat och amylnitrit höjde kokstalet till över 0,2 %, vilket är maximum i de flesta bränslespecifikationer. Tetralinperoxid visade något lägre kokstal. Även korrosioner ökade avsevärt med mängden tillsatsmedel. Lagerbeständigheten undersöktes också, och i de flesta fall visade oljorna inga spår av avlagringar efter ett års lagring i mörker. Tillsatsernas cetantalshöjande verkan var densamma strax efter tillsatsen och ett halvt år senare.

användbarhet. Dock anses allmänt att Conradssonstalet inte ger någon tydlig bild av förhållandena i motorn varför man inte med bestämdhet kan säga hur de verka i drift. Tillsvidare användes tillsatsmedel i mycket liten utsträckning.

Smolak och Nelson (11) undersökte cetantalets och olika tillsatsmedels inverkan på starttemperaturen. För att bränslet i motorn skall antändas måste kompressionstemperaturen vara tillräckligt hög. Om den intagna luftens temperatur är för låg kommer även kompressionstemperaturen att ligga under bränsleluftblandningens antändningstemperatur. De flesta motorer kunna ej starta med vanliga dieseloljor (kokintervall 150 - 300°C cetantal 40 - 60) om yttertemperaturen underskrider -10°C. I kalla trakter måste man därför använda uppvärmningsanordningar eller andra metoder för att få igång motorn. Vid denna undersökning användes en tre cylinders tvåtaktsmotor. Den placerades i ett kylrum och kylades till olika temperaturer sedan startades motorn med olika bränsleblandningar. Den lägsta starttemperaturen definieras enligt försöket, som den lägsta temperatur vid vilken motorn startade inom en minut efter det startmotorn satts igång. De faktorer som inverkar på starttemperaturen, som undersöktes voro:

- a) cetantalet
- b) lättflyktiga tillsatsmedel
- c) cetantalshöjande tillsatsmedel.

Av undersökningar framgår, att en ökning av cetantalet med 10 enheter, sänker lägsta starttemperaturen med c:a 7°C för cetantal mellan 35 och 60. Ökas cetantalet över 60 sker i de flesta fall ingen ytterligare sänkning av starttemperaturen beroende på att stelnings- och kristallisationstemperaturen blir för hög och minskar bränsletillförseln. T.ex. var lägsta starttemperaturen -4°C, för en Fischer-Tropsch olja med cetantalet 95. Under denna temperatur stelnade oljan. För de i marknaden förekommande dieseloljorna (cetantal 35 - 60, kokintervall 170 - 300°C) ligger minimistarttemperaturen mellan 0° och -10°C.

Inblandning av lättflyktiga tillsatser, visade, att sådana ämnen, som själva ha liten tändfördröjning, sänkte starttemperaturen. En tillsats av 10% etyleter till en olja med cetantalet 35 sänkte starttemperaturen från +6° till -5°C.

n-heptan visade sig också lämplig medan isoctan istället höjde starttemperaturen över $+6^{\circ}\text{C}$.

Organiska accelerators inverkan endast obetydligt. Nitrerade föreningar, peroxider, svavelföreningar och olika blandningar av organiska ämnen undersöktes. De flesta av dessa föreningar utom svavelföreningarna höjde cetantal men visade en ringa sänkning av starttemperaturen vid tillsatser under 10%. Resultatet av undersökningen tyder på att låga tillsatser effektivt sänka lägsta starttemperaturen under -10°C . Man kan dock nå mycket låga starttemperaturer om man förångar lättflyktiga vätskor och blandar ångorna med den intagna luften omedelbart före startmotorn sätts igång. Med etyleter har man på detta sätt kunnat starta vid -40°C . Metoden medför dock en risk för att hela motorn exploderar, och dessutom måste man ha en särskild karburator och andra anordningar för att införa etern.

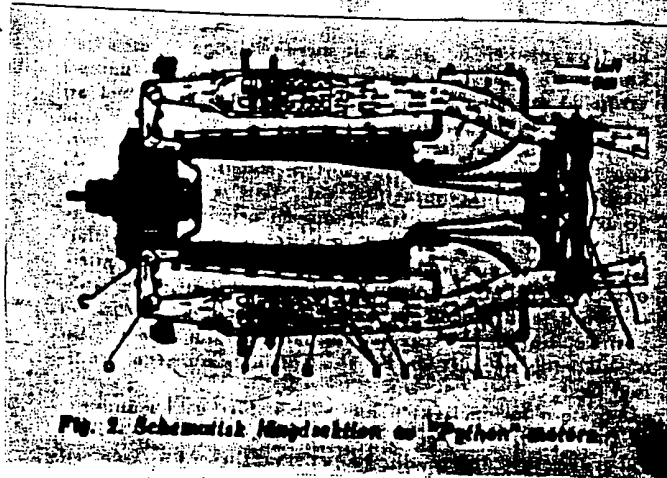
Olika termiskt instabila organiska föreningar höjer cetantallet och kunna alltså användas som accelerators. Samtidigt ökar dock tendensen till koksbildning och korrosion. Något avgörande inflytande på start vid kall väderlek ha tillsatsmedlen inte.

Reaktionsmotorns snabba genombrott och utklassning av kolvmotorn som kraftkälla i hypersnabba stridsflygplan är numera ett allmänt känt faktum. Men även utvecklingen av den propellerdrivande gasturbinmotorn har nått därhän att kolvmotorns existens är allvarligt hotad även från det hållet.

Den för reaktionsmotorn karakteristiska egenskap, som skiljer denna motortyp från den konventionella kolvmotorn är, som bekant, att den avger energi i form av levande kraft hos en med förbränningsgaser uppblandad luftstråle, som strömmar bakåt ur motorn med stor hastighet. Den vid gasernas acceleration inuti motorn där uppkommande reaktionskrafter driver flygplanet framåt och kallas motorns dragkraft. För framdrivning av flygplan med hastigheter över 600-700 km/h kan på dylikt sätt avgiven energi utnyttjas med relativt god verkningsgrad. Sjunger flyghastigheten under 600 km/h avtar emellertid reaktionsmotorns framdrivningsverkningsgrad snabbt, varför reaktionsdriften inom detta hastighetsområde ur bränsleekonomisk synpunkt ställer sig avsevärt ofördelaktigare än propellerdriften.

Reaktionsmotorns utveckling har fört gasturbintekniken ett stort steg framåt och detta har även kommit den propellerdrivande turbinflygmotorn till godo. Den principiella skillnaden mellan den sistnämnda motortypen och reaktionsmotorn är, att turbinmotorn avger blott en mindre del av energien i form av kinetisk energi. Huvudparten av den nyttiga energien utgöres av mekanisk energi som avges genom propelleraxeln, vilken över en reduktionsväxel drives av turbinaggregatet. För att närmare belysa hur en reaktions- och turbinmotor arbetar följer här en kort beskrivning över Armstrong-Siddeleys "Python" turbinmotor. År 1942 började Armstrong-Siddeley firman (England) bygga en axialkompressor-försedd reaktionsmotor, kallad ASK. Innan denna motor ännu nått produktionsstadiet beslöt emellertid firmans ledning att istället koncentrera sig på tillverkning av propellerdrivande turbinmotorer. Den befintliga reaktionsmotorn fick därvid utgöra stommen till den första turbinmotorn "Python". Förändringen kunde ske med relativt enkla medel: omkonstruktion av turbinen för erhållande av högre turbineffekt samt anslutning av en propellerväxel i aggregatets framända, var de största ändringarna.

Fig. 10.



Egenskaper hos och fordringar för reaktionsbränslen.

Uppgifter om reaktionsbränslen förekomma en så länge mycket sparsamt i litteraturen. Åren 1947 och 1948 publicerades dock tre artiklar (17, 18, 19) som belysa olika bränslens egenskaper och ange de fordringar som för närvarande ställs på reaktionsbränslen, (eng. Gas turbine fuel, Jet fuel).

Fordringarna på ett reaktionsbränsles egenskaper kan indelas i följande huvudpunkter: (17)

1. Bränsletillförseln måste ske under alla betingelser.
2. Snabb startförmåga vid lägsta möjliga starttemperatur.
3. Förbränningen måste vara effektiv och stabil under alla förhållanden.
4. Effektiva värmevärdet bör vara så högt som möjligt.
5. Förbränningszonen bör vara så liten som möjligt.
6. Förbränningsprodukterna få inte ha någon förstörande inverkan på motordelarna, särskilt turbinskovlar och flamtuber.
7. Om möjligt bör bränslet vara ett s. k. säkerhetsbränsle.
8. Bränslet måste finnas tillgängligt i erforderliga mängder.

1. Bränsletillförseln.

För att upprätthålla en konstant bränsletillförsel fordras först och främst en perfekt arbetande injektor men även bränslets sammansättning är av betydelse, särskilt vid låg temperatur. Viskositeten får inte bli för hög, och stelningpunkten måste ligga under den kallaste temperatur som kan råda i bränslekammaren och tanken.

Med stigande viskositet försämras finfördelningen av oljedropparna vid insprutning i brännzonen, och en sämre bränsle-luftblandning erhålles. Förbränningen blir inte fullständig och förbränningseffekten minskas. Undersökningar i England (17), i en reaktionsmotor med roterande atomizer (Swirl type), visade att finfördelningen började försämrast vid 10 cSt och man förordade en maximal viskositet = 15 cSt.

15 cSt gäller för

"gasoil"	vid ca	- 7°C
"kerosine SR 312"	"	- 40°C
"Aviation kerosine"	"	- 60°C

Bensin ingen undre temperatur.

Enligt den föreslagna amerikanska specifikationen för reaktionsbränslet JP 3 (se tabell 17) fordras max. 10 cSt vid -40°C och enligt förslaget till svenska normer för flygfotogen MC 75, max. 6 cSt vid -18°C (0°F).

Som ovan nämnts får stelnings- och kristallisationstemperaturen ej vara för hög. Den maximala stelningpunkten för JP 3 är -60°C och max. kristallisationstemperaturen för MC 75 = -55°C . Detta låga värde har man inte valt enbart för att försäkra sig om att bränslet i tanken skall hållas flytande. En låg stelningpunkt fordras även för att hindra isbildning i bränslet och tilltappning av bränslefiltren. Petroleumbränslen äro vanligen mättade med vatten. Vattenlösligheten varierar starkt med temperaturen och ökar med avtagande molekylvikt. Se tabell 8.

Tabell 8.

Bränsle				Temp. $^{\circ}\text{C}$	H ₂ O-löslighet vikts %
Bensin	Sp.v. 0,70	kokintervall 40-145 $^{\circ}\text{C}$		20	0,008
				35	0,014
Fotogen	Sp.v. 0,792	" 190-250 $^{\circ}\text{C}$		20	0,005
				35	0,011
Paraffinolja	Sp.v. 0,883	" 200-300 $^{\circ}\text{C}$		20	0,003
				35	0,007

Vid hastig avsvälning bildas i bränslet en issuspension som täpper till filtren. Undersökningar som gjordes för att visa sambandet mellan stelningpunkten, kristallisationspunkten, aromathalten och den temperatur vid vilken filtren började täppas till av iskristaller, gav till resultat att filterigen-sättningen började vid betydligt högre temperatur än lägsta flytttemperaturen. Se tabell 9. Ur dessa data kan man även spåra ett visst samband mellan vattenlöslighet och isbildnings-temperatur. Vad aromathaltens inverkan beträffar kan man ej påvisa något direkt samband. Det antas att det är aromattyper och dess molekylvikt som har inflytande på vattenupptagnings-förmågan. (17) Igensättning av filtren på grund av isbildning kan effektivt upphävas genom tillsats av ett antifryamedel, t.ex. isopropylalkohol. Tabell 9 visar också att om bränslet torkas, så kommer filtren att igensättas vid en betydligt lägre temperatur beroende på utkristallisering av vax.

Kristallisationstemperaturen och igensättningstemperaturen visa god överensstämmelse, och därför kan "Cloud point" användas som mått på den lägsta temperatur vid vilken bränslet kan användas utan att förorsaka störningar på grund av sin egen karaktär. I den amerikanska JP 3 specifikationen finns ingen uppgift om "Cloud point" antagligen beroende på att man här lyckats lösa problemet med en annan filtertyp. I USA har man nämligen inte haft svårigheter med igensättning av filtren (18).

Startförmåga och god förbränning:

Startförmågan vid låg temperatur, och upprätthållandet av en stabil förbränning, äro beroende, dels av bränslets sammansättning, dels av rent mekaniska motorkonstruktioner. En god startförmåga och förbränning påverkas av

- a) graden av finfördelning
- b) flyktigheten hos bränslet
- c) konstruktion av tändstift (eller andra tändanordningar)
- d) temperaturförhållanden, luft- bränsle förhållandet och den intagna luftens hastighet.

Flyktigheten är en av de viktigaste faktorerna. Den inverkar bl.a. på startförmågan, förbränningseffekten, koksavsättningar, förlust på grund av avdunstning på högre höjder och med hänsyn till avdunstningsförlust och ångläsbildning bör alltså reaktionsbränslet ej vara för lättflyktigt. Däremot tillåter ett lätt flyktigt bränsle, start vid lägre temperatur, och ger bättre förbränningseffekt och mindre koksavsättningar. Vid Shells laboratorier i England jämfördes det bränsletryck som fordrades för att antändning skulle ske, med temperaturen för 10% överdestillerat i ASTM destillationen. Se tabell 10.

Tabell 9.

Bränsle	Spec. vikt 15/15 °C	Kok- intervall °C	Aromat- halt vikts%	Max H ₂ O- löslighet vid 18°C vikts %	Kristalli- sations- temp. °C
100/130 Grade Base	0,735	44-171	22,2	0,007	< -60
Naphta TL 604	0,784	156-220	15,2	0,005	< -60
Naphta 206(JP2-typefuel)	0,707	88-231	10,6	0,004	< -60
Kerosine SR 312	0,806	158-276	8,6	0,006	-43
Kerosine 201	0,804	143-262	21,9	0,008	< -60
Kerosine 203	0,834	186-279	20,5	0,004	-49
Kerosine 205	0,878	188-309	23,0	0,005	-37
Kero-gas oil TL 255 B	0,827	190-284	16,3	0,004	-45
Hydrogenated gas-oil	0,825	184-297	4,4	0,003	< -60
Gas Oil 363 B	0,848	204-378	22,6	0,004	-7

x Beräknad ur extrapolerad viskositet.

xx Tilltäppning p.g. av vaxavskiljning. Se följande kolumn.

KrySTALLI- SATIONS- TEMP. °C	LÄGSTA FLYT- TEMP. °C	Oljan mättad med H ₂ O		Oljan torkad med CaCl ₂	
		Temp. i °C vid vilken flödet genom filtret, på grund av isbildn. minskade med		Temp. i °C vid vilken flödet genom filtret minskade p.g. av vax- avskiljning x)	
		20 %	50 %	20 %	50 %
-60		- 22	- 26		
-60	--	--	--	--	--
-60	<-60	-40	-43	<-60	<-60
-43	-54	-25	-29	-46	-47
-60	<-60	-22	-25	<-60	<-60
-49	-54	xx)	xx)	-52	-53
-37	--	--	--	--	--
-45	-46	-31	-38	-43	-44
-60	<-60	-39	-42	<-60	<-60
-7	-12	--	--	-6	-10

Tabell 10.

Luftflöde = 0,5 lb/sek Lufttemp. 30°C.

Bränsle	Bränsletryck psi.	10% dest. temp. °C.
SBP 2	10	78
Kerosine 206	24	112
Kerosine SR 312	44	174

Tabellen visar att ju flyktigare bränslet är ju lättare är det att starta.

Vid Texas Co:s laboratorier (18) undersöktes några tyngre bränslen i en reaktionsmotor bl.a. "Gasol" N:r 64, "Gasol" N:r 65, "Gasol" N:r 66 och "Gasol" N:r 67. Med Gasol 64 (kokintervall 240 - 364 °C) kunde motorn inte startas vid rumstemperatur, dock arbetade den ganska bra under gång, om man startade med fotogen och sedan kopplade om till detta bränsle. Med "Gasol 65" (kokintervall 246 - 384 °C) startade motorn ej alls och arbetade ej under några förhållanden. N:r 66 var en "Gasol"-destillat blandning med betydligt lägre begynnelsekokpunkt (183 - 379 °C). Detta bränsle startade tillfredsställande vid rumstemperatur och motorn arbetade relativt bra, risk för "änglås" i bränsleledningarna från tanken. Flygning på hög höjd kan medföra stora bränsleförluster på grund av avdunstning. I fig. 11 jämförs förlusterna för flygbensin och ett lågflyktigt bränsle.

Fig. 11.

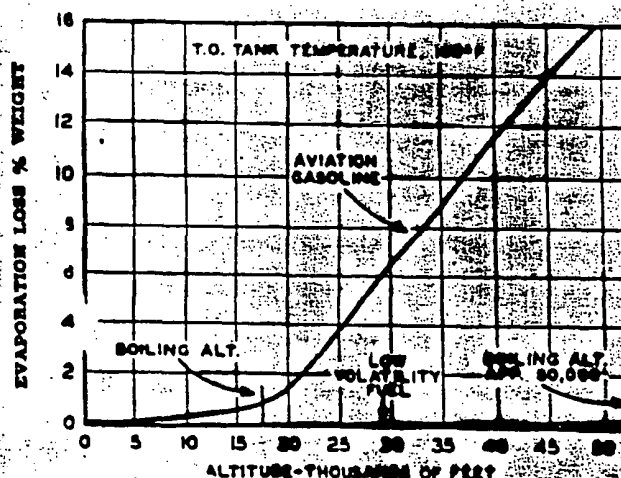
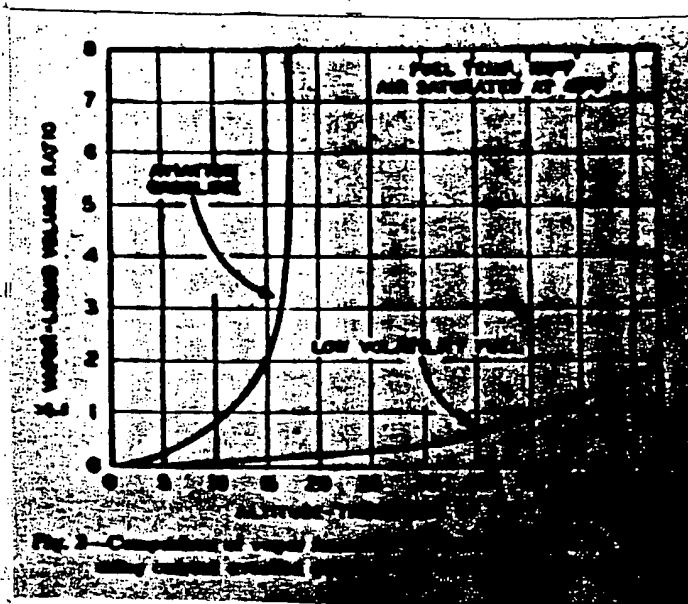


Fig. 1—Comparison of evaporation losses from stored fuel tanks when using current aviation gasoline and low-volatility fuel

av ånglås, (Vapor lock) för flygbensin och ett lågflyktigt bränsle. Flygbensin fordrar speciella pumpar för att hindra bildning av gasfickor i ledningarna, medan sådana ej ansetts nödvändiga i turbinmotorer.

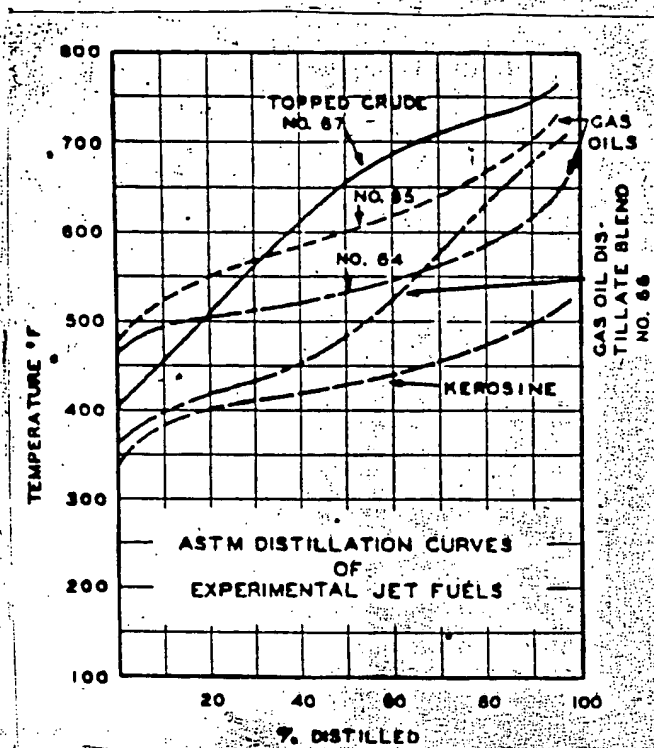
Fig. 12.



N:r 67 var en toppad råolja (kokintervall 207 - 399 °C) Motorn måste startas med fotogen och kopplades sedan till detta bränsle. Den arbetade dåligt och förbränningen var så långsam att flammen trängde ut genom turbinen och flamtuben medförande överhettning så att dessa delar förstördes.

Ehuru dessa undersökningar gjorts med en motor avsedd för fotogen, visa de dock vilken betydelse begynnelsekokpunkten har, och att alltför lågflyktiga oljor än så länge ej äro lämpade för reaktions- och turbinmotorer. Fig. 13 visar destillationskurvorna för de undersökta bränslena.

Fig. 13.



Förbränninseffekt och koksbildning.

Som redan nämnts bör medelkokpunkten ej vara för hög om man vill erhålla god förbränningsseffekt. Jämför fordringarna i tabell 17.

Undersökningar angående bränslesammansättningens inverkan på förbränningsseffekten och koksbildningen ha gjorts både av Shell i England och Texas Co. i USA.

Försök i två välkända reaktionsmotorer (18) visade att paraffiniska och nafteniska "Straight - run" destillat förbrännas lättare än högaromatiska oljor. Tre bränslen med samma kokintervall, motsvarande fotogen, men med olika sammansättning prövades. De paraffiniska och nafteniska bränslena gav god förbränningsseffekt, obetydligt rök och inga koksavsättningar på olika flyghöjder upp till 12.000 m. Det aromatiska bränslet innehållande c:a 50% aromater visade sig svårare att förbränna och utvecklade rök samt gav avsevärda koksavsättningar efter en kort tids motorgång på marken.

I England gjorda undersökningar i en provmotor under förhållanden som tendera att ge koka, gav följande resultat. Se tabell 11.

Luftmängd 0,5 lb/sek, / luft-bränsleförhållanden 50:1
Tid: 1 timme.

Bränsle	10% dest. temp. °C	Aromathalt vikts %	Koks avsatt gram
Kerosine SR 312 + 1% olja	174	8,6	4,9
" 206(JP2) + 1%olja	112	10,6	2,5
" 203 + 1%olja	200	20,5	7,9
" 201 + 1%olja	161	21,9	8,8

Ur tabellen framgår att koksavsättningen ökar med stigande aromathalt men minskar med större flyktighet. Jämför bränsle 206 låga begynnelsekokpunkt. Även andra försök har visat att låg begynnelsekokpunkt ger mindre koksavsättningar i motorn. Paraffiner är i detta avseende bättre än nafterer som i sin tur är bättre än aromater. Man har t.o.m. utarbetat en experimentell formel för koksbildningen

$$\text{koks bildning} = 10 \log \frac{(C:H + k_1)}{k_2} + \frac{T}{k_3} - k_4$$

C:H = kol-väte förhållandet

T = Temperaturen för 50 % överdestillerat (?)

k_1, k_2, k_3, k_4 är konstanter.

Vad koksavlagringar och brännbarhet beträffar bör således aromathalten vara låg. Men med en låg aromathalt följer en högre stelningpunkt och kristallisationstemperatur. Dessutom visa aromatiska bränslen ett högre värmevärde per volymenhet än paraffiniska och nafteniska (se tabell 12).

Hur ett bränsle kommer att uppföra sig i motorn beror minst lika mycket på motorkonstruktionen som på bränslets egenskaper. De försök som gjorts hänföra sig vanligen till en bestämd motortyp och ge inga generella data. Den allmänna uppfattningen i USA är att bränslen med max. 30% aromater ge tillfredställande förbränning. I den föreslagna specifikationen för JP3 har aromathalten höfts från 20% till 30%. Enligt förslaget till normer för flygfotogen MC 75 gäller max. 20% aromater. Dock behövs flera data om aromatiska bränslens egenskaper i olika destillationsintervall och även om olefinernas inverkan, för att bättre kunna bedöma olika reaktionsbränslens egenskaper.

En principiell nackdel hos turbinmotorn är, att bränsleåtgången är större än i kolvmotorer. Bränslets värmevärde bör därför vara så stort som möjligt. Flygplanens aktionsradie är beroende av den bränslemängd som kan medtagas, och denna är begränsad till volymen. Det är således av vikt att värmevärdet per volymsenhet är så stort som möjligt. Detta ökar med stigande kokintervall, och aromatrika bränslen äro i detta avseende bättre än paraffiniska och nafteniska, se tabell 12.

Tabell 12.

Bränsle	Värmevärde kcal/liter	Procentuell ökning jämförd med flygbens
Flygbensin 100/130	7600	--
Fotogens dest. intervall:		
Paraffiniskt	8400	11,0
Nafteniskt	8700	14,0
Aromatiskt	8900	17,5

Försök i praktisk drift ha visat att ökningen i aktionsradie är direkt proportionell mot ökningen i värmevärde. Ur denna synpunkt vore det lämpligt med motorersom kunde tillgodogöra sig högaromatiska bränslen.

Säkerhetsgenskaper:

Möjligheten av att kunna använda ett s.k. säkerhetsbränsle i reaktionsmotorer har diskuterats. H.A. Murray (18) påpekar att varje bränsle som kan förbrinna i en motor även kan brinna utanför motorn om lämpliga förhållanden råder, varför man inte kan tala om ett eld-säkerhetsbränsle. Dock förekommer vissa skillnader mellan antändbarheten av lättflyktiga och svårflyktiga bränslen. Man kan skilja mellan tre typer av eldsvådor

- Explosionsrisk i bränsle-luftblandningen i tanken.
- Självantändning vid kontakt med en het yta.
- Eld uppkommande från olja eller bränsle som spillts och sprutat ut över flygplanet och marken.

undersökningar visa att explosiva blandningar i gasfasen i bränsletanken kunna uppstå för lågflyktiga bränslen vid mycket varm väderlek och för bensin under mycket kalla temperaturförhållanden. Självantändningstemperaturen, vid kontakt med en het yta, ligger lägre för tyngre bränslen och oljor än för bensin. Däremot brinner bensinen mycket hastigare och våldsamare om yttemperaturen är tillräckligt hög för att antändas.

Hydreringen av till 200°C toppad Ljungströmolja utfördes vid IVA:s försöksstation i Stockholm. Nedan följer en kort beskrivning över de undersökningar angående lämpliga hydreringsbetingelser som utfördes där, och hur oljan hydrerades i halvstor skala.

Man skiljer mellan raffinerande och krackande hydrering. Vid raffinerande hydrering strävar man efter att hydrera omätta- de föreningar, olefiner och aromater, utan att oljan samtidigt krackas och ger lägre kokande fraktioner. Detta kan åstadkommas genom att hålla temperaturen vid hydreringen så låg att oljemole- kylerna inte spjälkas sönder.

Vid krackande hydrering vill man omvandla oljan i låg- kokande mättade fraktioner. Undersökningen gick ut på att fram- ställa transformatorolja. Denna bör vara mättad för att erhålla de isoleringsegenskaper som fordras och meningen var att genom raffinerande hydrering, hydrera bort olefiner, aromater och svavelföreningar.

Vid en hydrering är katalysatorvalet av stor betydelse. Man strävade efter att få en katalysator med stor hydreringsaktivitet inom ett så lågt temperaturområde att oljan inte krackades. De första försöken gjordes i diskontinuerliga vippantoklever. Vätgastrycket var 100 atm. och temperaturen hölls vid 375°C för att undvika krackning. De katalysatorer som undersöktes voro, dels Pyrithaltig järnsulfid, dels en serie molybdenföreningar utfällda på aktiv aluminiumoxid. Bland dessa kan nämnas ammonium- molybdat, molybdenoxid, molybdensulfid, kolloidal molybden oxid- sulfid och ammoniumsulfomolybdat. Aktiviteten hos FeS visade sig betydligt sämre än hos molybdenföreningarna, men inga av dessa katalysatorer gav oljor med tillräckligt låga slamtal (Slamtalet ger ett mått på transformatoroljans isoleringsegenskaper och oxidationsbeständighet. Slamtalet bestäms enligt "Anderson - Asea" metoden som utföres på följande sätt: I oljan doppas en konden- sator, bestående av två koncentriska kopparcylindrar. Provet placeras i ett värmebad vid 100°C, en högspänning kopplas på cylindrarna och syrgas ledes in i oljan.

På detta sätt får provet stå i 100 timmar varefter den blanda slammningen och syratalet bestämmas).

För att undersöka temperaturens inverkan på hydrering och krackning gjordes hydreringsförsök vid 350 och 425°C med olika molybdenkatalysatorer. Ett mått på krackningen gav den del av oljan som vid ASTM-destillationen överdestillerade under 200°C.

Vid 350°C gick hydreringen långsamt (högt jodtal på provet) och krackningen var obetydlig. Vid 425°C blev jodtalet mycket lågt men oljan krackade betydligt. Inga av dessa försök gav en olja med tillräckligt lågt slamtal för att godkännas som transformatorolja. För att förbättra hydreringen gjordes försök med aktiverade molybdatkatalysatorer på aktiv aluminiumoxid som bärare. Till dessa undersökningar användes en förhydrerad till 200°C toppad olja (jodtal = 7). En mängd aktiverade katalysatorer prövades. Vätgasupptagningen var störst med koboltaktiverad ammoniumsulfomolybdat och kromsulfomolybdat, vilket visar att kobolt och krom tydligen äro de bästa aktivatorerna.

Med ledning av dessa resultat utfördes en serie kontinuerliga hydreringsförsök med de lämpligaste katalysatorerna, dels utfällda på tabletter av aktiverad aluminiumoxid, dels utan bärare. I det sistnämnda fallet tabletterades katalysatorpulvret med små mängder ammoniumfosfat och aluminiumhydroxid som bindemedel. Försöken utfördes i fast uppställda autoklaver (2, 41) genom vilka olja och vätgas cirkulerade. Vätgastrycket var 200 atm. Temperaturen och oljans volymhastighet (1 olja/1. katalysatorsubstans och timme) varierades i de olika försöken. Bland de undersökta katalysatorerna kan nämnas, molybdenoxid på Al_2O_3 , koboltaktiverad ammoniumsulfomol dat på Al_2O_3 och kromsulfomolybdat utan bärare.

Vid en temperatur av 350°C var reaktionshastigheten liten. Höjning av temperaturen medförde ökad hydreringshastighet men också ökad krackning. Emedan aromaterna äro beständigast mot krackning blevo de tyngre fraktionerna aromatrikare. Vid ökning av volymhastigheten blev krackningen mindre men även hydreringshastigheten avtog. För varje volymhastighet finns tydligen en optimal temperatur vid vilken hydreringen är relativt god och krackningen ganska liten. För de undersökta katalysatorerna var vid c:a 375°C en volymhastighet av 0,25 l/1/h den lämpligaste. Vad katalysatorerna beträffar visade det sig att katalysatorer utan bärare hade en betydligt större hydreringseffekt än de med bärare, vid samma temperatur och volymhastighet. Flera varianter av de medt aktiva katalysatorerna utan bärare framställdes.

konstrukturen hos katalysatorn starkt påverkar den katalytiska effekten, ökade man den aktiva ytan genom att tillsätta glykos vid tabletteringen och sedan upphetta tabletterna i vätgasatmosfär till 450°C . Då pyrolyserades glykosen och en mycket porös yta erhöles. Undersökningar med koboltsulfomolybdat och kromsulfomolybdat dels utan, dels med 20% glykos visade, att hydrieringsaktiviteten ej försämrades fastän man genom glykositillsatsen minskade katalysatormängden med 30%. Trots dessa förbättringar blev hydrieringen ej så effektiv, att oljorna kunde användas som transformatoroljor. Ett gott resultat erhöles dock med tvåstegshydriering, där oljan i första steget hydrerades över ammoniumsulfomolybdat på aktiv Al_2O_3 och i andra steget över kromsulfomolybdat. Med ledning av dessa försök utfördes kontinuerlig hydriering i halvstor skala i en autoklav med 20 liters katalysatorvolym. Som katalysator användes kromsulfomolybdat med 25% glykos. Oljan förvärmdes till 300°C i en förvärmare, fylld med ammoniumsulfomolybdat på aktiv Al_2O_3 . Temperaturen i autoklaven hölls vid 375°C och vätgastrycket var 200 atm. Den ingående oljans volymhastighet varierades mellan 0,16 och 0,57 l/l/h.

Denna hydrerade olja ligger till grund för denna undersökning.

Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmoljan.

Provtagning:

Provtagningen utfördes så att mängden prov ur varje fat motsvarade oljevikten i fatet. Emedan specifika vikten i de olika faten variera mycket litet kan man anse förhållandet mellan viktsmängderna lika med förhållandet mellan volym-mängderna prov. Se tabell 13.

Tabell 13.

Fat nr.	Nettovikt olja, kg	Prov l.
1001	155,5	5,0
1002	157	5,0
1003	168	5,4
1004	174	5,5
1005	<u>c:a 30 x)</u>	<u>4,1</u>
	Summa: 784,5	Summa: 25,0

x) Nettovikten olja i fat 1005 angavs till 174,5 kg. Fatet innehöll emellertid betydande mängder vatten. Genom mätning av vattenytans höjd och fatets dimensioner beräknades vattenmängden till c:a 40 kg. Då det är otänkbart att 40 kg vatten skulle ha läckt in i fatet och ökat dess vikt, (muttern satt mycket hårt) måste vattnet ha funnits i oljan vid påfyllningen. Vattenmängden subtraherades därför från fatets innehåll.

Fraktionering:

På provet gjordes en ASTM-destillation och med ledning av denna fraktionerades oljan enligt följande schema:

	<u>Kokintervall</u>
Fraktion 1	< 200°C
Fraktion 2	200-215°C
Fraktion 3	215-230°C
Fraktion 4	230-245°C
Fraktion 5	245-260°C
Rest	< 260°C

Destillationen utfördes i vakuum. Ca 2 l olja destillerades per gång i en 5-literskolv med Claisenuppsats (diameter: 22 mm, längd 30 cm) innehållande Raschigringar (10 x 10 mm). Trycket varierade mellan c:a 10 mm Hg i början och c:a 5 mm Hg i slutet av destillationen. Det sjönk sakta och kontinuerligt under destillationens gång. De temperaturer vid det rådande trycket, som motsvarade 200, 215, 230, 245 och 260°C vid atmosfärtryck beräknades ur nomogram (22, 23). Förlagen byttes vid de temperaturer, som vid det då rådande trycket motsvarade respektive temperaturer vid atmosfärstryck.

Manometern var kopplad till uppsatsens övre ända, för att tryck och temperatur skulle kunna mätas på samma ställe.

Vid första destillationen användes som tryckregulator en cartesiansk manostat (24). Emedan det var mycket svårt att ställa in manostaten på önskat tryck användes den inte i fortsättningen. Varje destillation (21) tog 7 timmar när apparaten väl var inkörd. Summa 22 l. olja destillerades. Tabell 14 anger utbytet av olika fraktioner.

Tabell 14.

	Frakt <200	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Frakt 230-245	Frakt 245-260	Rest 260	Förlust
Mängd Överdest.: cc	6793	3493	3245	2491	1996	3013	--
Vol % överdest.	30,9	16,6	14,7	11,6	9,5	13,7	3,0

Restoljan efter destillationerna var mycket liten angripen. Den var gulbrun och genomskinlig. Restoljan blektes med blekjord. Denna upphettades i värmeskåp till 150°C och fick stå vid denna temperatur ett par timmar. Därefter tillsattes c:a 200 cc blekjord per liter olja vid 65°C. Oljan fick stå under omrörning vid denna temperatur en halv timme varefter filtrerades. Efter behandling n var restoljan klargul.

Fraktionerna 200, 200-215, 215-230°C voro färglösa, och fraktionerna 230-245 och 245-260°C voro svagt gula. Alla fraktionerna gulnade något om de utsattes för solljus, under ett par dagar.

Analys:

Den odestillerade oljan, restoljan och alla fraktionerna utom bensinfraktionen ($<200^{\circ}\text{C}$) undersöktes med avseende på deras lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle. Fraktion $<200^{\circ}\text{C}$ ansågs vara för lättflyktig för dessa ändamål. Den odestillerade oljan torkades med CaCl_2 under 24 timmar och filtrerades före analyseringen. Tabell 15 anger samtliga analysdata för de undersökta oljorna.

1. Specifik vikt.

Specifika vikten d_4^{20} bestämdes med Sprengler pyknometer. Dubbelprov gjordes och visade noggrannheten $\pm 0,0001$. d_4^{20} omräknades med formler och tabeller i The Science of Petroleum del II till $60/60^{\circ}\text{F}$ ($15/15^{\circ}\text{C}$) och grader API.

2. Viskositet.

Denna bestämdes i Vogel-Ossag viskosimeter vid $0,0^{\circ}\text{C}$, $+11^{\circ}\text{C}$, $+20,0^{\circ}\text{C}$ och $+50,0^{\circ}\text{C}$. Värdena för $+50^{\circ}\text{C}$ äro ej fullt tillförlitliga emedan det enda tillgängliga kapillärröret var för grovt och strömningshastigheten vid denna temperatur således något för stor. På grund av att termometern ej gick längre ned än till -4°C extrapolerades viskositeterna för -40°C , -20°C , -18°C (0°F) och interpolerades $37,8^{\circ}\text{C}$ (100°F), i ett viskositets-temperatur diagram (ASTM (26) D 341 - 43). De extrapolerade lägre viskositeterna anges med en decimal, när denna varit möjlig att avläsa, medan de högre viskositeterna anges med hela tal. Se tabell 15, fig. 21.

3. ASTM-destillation utfördes enligt ASTM D 158-41 för samtliga oljor (även bensinfraktionen). Destillationskurvorna synas i fig. 16. Ur figuren framgår att fraktioneringen inte är särskilt skarp för de lägre fraktionerna men blir bättre ju högre upp man kommer. Detta beror till en del på att återflödet inte var tillräckligt stort, men med större återflöde skulle fraktioneringen ha tagit alltför lång tid i anspråk. För det andra äro kolväten med olika kokpunkter så intimt blandade i oljan att en god fraktionering även ur den synpunkten, är svår att utföra inom en begränsad tid. På något oförklarligt sätt innehöll fraktion $245 - 260^{\circ}\text{C}$, några ml lättflyktiga beståndsdelar. Se tabell 15.

Fraktionen toppades innan prov sändes till Nynäshamn för cetantalsbestämning. Destillatet (c:a 5 cc) var av lukten att döma bensin. Troligen hade några ml. av bensinfraktionen hamnat i denna fraktion. Denna ringa mängd bensin (c:a 2,5 o/oo) kan dock knappast ha något inflytande på andra analysdata än flampunkten. (Se fig. 20).

4. Flampunkten bestämdes i Pensky-Martens flampunksapparat (Tag closed tester) enligt ASTM D 56 - 36. Fraktion 245 - 260 gav en för låg flampunkt beroende på förorening av bensin (Se fig. 20).

5. Lägsta flytttemperaturen och kristallisationstemperaturen bestämdes enligt normerna i ASTM D 97 - 39. Ingen grumling av oljan kunde förmärkas med till -62°C . Restoljan stelnade vid -60°C medan de övriga fraktionerna och den odestillerade oljan voro flytande vid -62°C . Dessa låga stelningpunkter äro typiska för aromat- och naftenrika oljor.

6. Hartstalet (Potentiellt harts) bestämdes enligt ASTM D 381-44. Metoden är utarbetad för bensin och det visade sig att den odestillerade oljan och restoljan inte fullständigt förflyktigades. Fraktion $200-215^{\circ}\text{C}$ och $230-245^{\circ}\text{C}$ lämnade knappast någon rest efter avdunstningen. (Se tabell 15):

7. Kokstal enligt Conradsson, på 10% återstod. ASTM D 189-41, gjordes på den odestillerade oljan, Fraktion 200 - 215 samt restoljan. De flesta dieseloljenormer ange Conradssontal på 10% återstod. Proverna destillerades i ASTM-destillationsapparat till dess exakt 90% hade destillerat över. På återstoden bestämdes sedan kokstalet. De tre undersökta proven visade mycket låga kokstal vilket är rätt egendomligt emedan aromatrika oljor tendera att ge koks.

8. Anilinpunkten bestämdes enligt I.P. 2/45 Metod A (23).

9. Brytningsindex n_D^{20} och Dispersion $n_F - n_C$ bestämdes i Abbé-refraktometer. Noggrannhet på $n_D^{20} = \pm 0,0001$.

Specifika dispersionen $\frac{n_F - n_C}{d} \cdot 10^4$ och

Specifika refraktionen enligt Lorenz - Lorenz: $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$

10. Medelmolekylvikten beräknades ur medelkokpunkt (50% överdestillerat vid ASTM-destillation) och specifik vikt (25).

11. Bromtalet bestämde elektrometriskt enligt en av Braae utarbetad metod. Noggrannhet $\pm 0,1$. Alla proven ha mycket låga bromtal, vilket ju är väntat emedan olefinerna äro lätthydrerbara.

12. Vikts % C och H bestämdes med elementaranalys, och

13. total svavelhalt i Greete-Krekeler apparat.

14. Korrosionsprov "Copper Strip Test" gjordes enligt I.P. 64/45 Metod B, på den odestillerade oljan, restoljan och fraktionerna 200-215°C och 230-245°C. Ett rent avfettat Cu-bleck placerades i varje prov, som sedan fick stå tre timmar i ett oljebad vid 100°C. Därefter tvättades blecken med koltetraklorid, torkades och jämfördes med ett obehandlat bleck. Fraktion 200-215°C visade ingen missfärgning av Cu-blecket, och fraktion 230-245 en mycket svag sådan. Den odestillerade oljan visade en tydlig svartfärgning, och restoljan en mycket stark korrosion. Strax efter det Cu-blecket placerats i restoljan blev det mörkfärgat (vid rumstemperatur) och efter upphettningen hade stora flakor lossnat från blecket.

För att undersöka vilka svavelföreningar som framkallade korrosion gjordes Doctor test, på alla oljorna. Ingen reaktion märktes på någon olja vid provning på merkaptaner. Vid provning på fritt svavel gav de destillerade fraktionerna negativt utslag medan den odestillerade oljan och särskilt restoljan gav mycket starkt positivt utslag. Provet visade att det således är fritt svavel som ger oljan dess korrosiva egenskaper och att detta är samlat i restoljan. Att omvandla svavlet i icke korrosiva disulfider genom plumbitbehandling är svårt, emedan man måste tillsätta merkaptanlösning i ekvivalent mängd med mängden fritt svavel. Överskott av merkaptanlösning gör oljan åter korrosiv på grund av den uppkommande fria merkaptanhalten. Det enklaste sättet att bli fri svavlet är troligen att destillera restoljan. Svavlets kokpunkt är 444°C och restoljans sluttemperatur 320°C. Största delen av det fria svavlet skulle med stor sannolikhet stanna kvar i destillationsresten. Det höga slamtalet för den hydrerade Ljungströmoljan beror troligen till

en del på förekomsten av fritt svavel. Vid slamtalsbestämningen användes nämligen köpparcylindrar som kondensatorer. Det kan därför tänkas att en del av slammet består av CuS.

16. Syratalet (neutralisationstal) som anger totalhalten syror i oljan bestämdes enligt I.P. 1/44 Metod A. "Total Acidity". Den odestillerade oljan, restoljan, och fraktionerna 200-215°C samt 230-245°C titrerades med alkoholisk kalilut. Alla de undersökta oljorna voro neutrala.

17. Effektiva värmevärdet beräknades enligt formeln:

$$W = 9,34 + 5,51 d - 5,36 d^2 \quad (28) \text{ kcal/kg (1, 22, 29).}$$

och det kalorimetriska värmevärdet enligt formeln

$$K = 12400 - 2100 d^2 \text{ kcal/kg (1, 22, 29).}$$

Formeln för det kalorimetriska värmevärdet har utarbetats av Cragoe (22) och ger en noggrannhet av $\pm 1\%$ för de flesta oljeprodukter. Vissa ryska oljor ge dock större avvikelser.

Värmevärdet per liter erhålles genom att multiplicera värdena med specifika vikten.

18. Cetantalsbestämningen utfördes i provmotor vid oljeraffineriet i Nynäshamn.

19. Dieselindex, Cetanindex och "CaZ" beräknades enligt de angivna formlerna.

Ur tabell 15 och fig. 18 framgår skillnaden mellan cetantalet och de beräknade konstanterna. Cetantalen för alla prov utom den sista fraktionen och restoljan äro förbluffande låga. Jämför man cetantalen för fraktionerna 200-215°C, 215-230°C och 230-245°C med cetantalet för fraktion 180-230°C av ohydrerad Ljungströmolja, kommer man till den slutsatsen att hydreringen skulle ha sänkt cetantalet avsevärt. Se tabell 16. Den ohydrerade oljefraktionen innehåller 59 vol % aromater och olefiner. Olefinerna ha en något större tändvillighet än aromaterna. Men vid hydreringen ha dessa omvandlats till paraffiner vilket skulle medföra en liten höjning, eller i varje fall ingen sänkning av cetantalet. Det kan också tänkas att den ohydrerade oljan innehåller cetantalshöjande komponenter, t.ex. peroxider, vilka förstörts vid hydreringen och således sänkt cetantalet något, men knappast i denna utsträckning.

Noggrannheten i bestämningen är, vid dessa låga cetantal, rätt liten. För att närmare bedöma dessa värden ha prover sända till Centrala Flygverkstäderna i Malmslätt för bestämning av blandningsoktantal. Detta är jämförbart med mycket låga cetantal. Se fig. 3.

Jämför man cetantalet med de fysikaliska konstanterna Dieselindex, Cetanindex och "CaZ" synes det som om dessa konstanter inte äro tillförlitliga vid mycket låga värden på cetantalet. De variera även inbördes rätt mycket för dessa oljor. (Se fig. 18). Anmärkningsvärt är att dieselindex visar ett minimum i fraktion 230-245°. Aromathalten har ett maximum i samma fraktion (Se fig. 18 och 19).

De prov, som insändes till Malmslätt hade följande kokintervall och oktantal:

Prov nr.	kokpunkt	oktantal
1	140-200°C	66
2	190-230°C	65
3	210-245°C	64
4	130-370°C	62

Enl. Mardar bestämes cetantalet ur formel

$$\text{cetantal} = 60 - 0,5 \times \text{oktantal}$$

Blandningsoktantalen bestämes med isooktan som referensbränsle till 60, 60, 56 resp. 56 och cetantalen ur tidigare formel (se sid. 5).

Sammanställning över cetantal ur olika metoder.

Metod	1 (bensin)	2 (frak.1)	3 (frak.2)	4 (Odest.olja)
Oktantal	27	28	28	29
bland.oktantal	25	25	27	27
Dieselindex	30	28-27	27-26	30-29
cetanindex	-	28	28	30
CaZ	-	18	21	24
ur Nomogram (Dieselindex+kpt)	20	23	25	25
Cetantal	-	3	7	10
Genomsnitt:	25	26	27	29

20. Aromathalt och typanalys

Totala aromathalten bestämes enligt I.P. 3/42. Denna metod, som är angiven i normerna för flygfotogen MC 75, beskrivs i medföljande bilaga. I korthet utförs analysen så att provet behandlas med 99%-ig svavelsyra, och anilinpunkterna bestäms före och efter sulfoneringen.

Ur differensen mellan anilinpunkterna erhålles aromathalten direkt i en tabell. Procenten aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer bestämdes enligt en metod av Deanesly och Carleton (27). Metoden beskrivs utförligt i medföljande bilaga. Aromat- naften- och paraffinhaltens variation i olika fraktioner syns i fig. 19. Ur figuren framgår att kurvorna för den totala aromathalten, och procenten aromatiska C-atomer, ha samma form, och båda ge ett maximum i fraktion 230-245. Ur avståndet mellan dessa kurvor kan man uppskatta procenthalten paraffiniska och nafteniska sidokedjor på aromaterna till c:a 15% av totala aromathalten, för alla fraktionerna.

Jämför man kurvorna för procenthalten aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer finner man att aromat- och paraffinhalterna ha ett maximum i fraktion 230-245°C. I de högre fraktionerna sjunker paraffinhalten snabbt. Naftenhalten har ett minimum i denna fraktion och stiger starkt i de tyngre fraktionerna.

21. Naftalinhalten bestämdes i fraktion 200-215°C enligt en metod av Perna och Pelcik (30). En invägd mängd prov spädades med litet aceton och hällades i en mättad lösning av pikrinsyra. Efter två timmar filtrerades naftalinpikratfällningen, tvättades och nedfördes i 100 ml vatten. Lösningen fick koka till dess all naftalin förångats. Den frigjorda pikrinsyran titrerades i den heta lösningen med 0,1 - u NaOH.

Naftalinhalten i denna fraktion var = 0,8 %.

Resultat av undersökningen.

Oljornas lämplighet som dieselbränslen:

I tabell 16 jämförs de hydrerade fraktionernas data med normer för olika dieselbränslen. Ur tabellen framgår att cetantalen för de undersökta fraktionerna äro avsevärt lägre än vad minimifordringarna ange. Den enda fraktion som skulle kunna användas för medelsnabba motorer (Mk 2) är restoljan. Den har emellertid en för starkt korroderande verkan. Det korrosiva svavlet kan dock troligen avlägsnas genom destillation.

Alla övriga data falla inom gränserna för de svenska fordringarna. Bl.a. äro destillationstemperaturerna lägre än angivna maximivärden och flampunkterna högre än minimivärdet för Mb 1. Även bensinfraktionen uppfyller troligen alla normer för Mb 1 utom cetantalet (destillationstemperaturer se tabell 17). Flampunkten för denna fraktion är med sannolikhet c:a 40°C emedan den odestillerade oljan har en flampunkt på 44°C.

Som sådan kan den hydrerade oljan inte användas som dieselbränsle. Om den raffineras med svavelsyra kommer cetantalet med säkerhet att höjas avsevärt. Om en sådan raffinering görs bör man taga med bensinfraktionen. Denna utgör 31 vol% av oljan och utbytet blir således större.

Oljornas lämplighet som reaktionsbränslen:

I tabell 17 jämförs de hydrerade oljefraktionerna med svenska och amerikanska normer.

Ur tabellen framgår följande:

- a) Ingen av fraktionerna uppfylla fordringarna för aromathalten
- b) Specifika vikten är för hög i samtliga fraktioner och i den odestillerade oljan.
- c) Viskositeten: Den odestillerade oljan, fraktion 200-215 och eventuellt fraktion 215-230 falla inom ramen för både amerikanska och svenska fordringar.
- d) Destillation.

Normer:	J.P. 1	J.P. 2	J.P. 3	MC 75
	Frakt < 200	Frakt < 200		Fr. < 200
Fraktioner som	Frakt 200-215	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Fr. 215-230
Uppfylla fordr.	Frakt 215-230	Frakt 215-230	Frakt 230-245	
			Frakt 245-260	

Ur tabell 17 framgår även att den odestillerade oljan har för hög sluttemperatur. För övrigt faller den inom ramen för fordringarna. Om den destilleras till 300°C kommer den att uppfylla fordringarna för J.P. 1, J.P. 3 och MC 75.

- e) Korrosionen är för stark i den odestillerade oljan och restoljan. Om den odestillerade oljan destilleras till 300°C kommer svavlet med stor sannolikhet att stanna kvar i destillationsresten.
- f) Hartstalet kunde inte bestämmas enligt ASTM D 381-44 på den odestillerade oljan och restoljan. Det låga hartsstalet för fraktionerna 200-215 och 230-245 antyder dock att även den odestillerade oljan har lågt hartstal.
- g) Värmevärdet för alla fraktioner är lägre än minimifordranger för MC 75 men uppfylla fordringarna för J.P. 1, J.P. 2 och J.P. 3.
- h) Alla övriga data överensstämmer med både amerikanska och svenska normer.

På grund av den höga aromathalten kan den hydrerade Ljungströmoljan inte direkt användas som reaktionsbränsle. Aromathalten kan sänkas avsevärt genom raffinering med svavelsyra. Om oljan destilleras till 300°C (och således även bensinfraktionen medtages) och raffineras med svavelsyra kunna fordringarna på aromathalt och destillationstemperaturer troligen uppfyllas. Samtidigt avlägsnas det korrosiva svavlet och specifika vikten kommer att sjunka.

Bilaga.

1. Beskrivning av de metoder som använts för bestämning av aromathalten och oljans sammansättning.

På de undersökta oljorna bestämdes sammansättningen enligt en metod utarbetad av Deanesly och Carleton och totala aromathalten enligt I.P. 3/42. Nedan följer en kort beskrivning över:

Typanalys av kolväten utarbetad av Deanesly och Carleton (27). Metoden går ut på att först bestämma aromathalten eller omättnadsgraden i provet och därefter bestämma strukturen för den mättade delen.

Bestämning av omättnadsgrad eller aromathalt. (aromaticity).

För enskilda mättade kolväten gäller, att Lorenz-Lorenz molekylarefraktion,

$$M_r = M \times \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$$
 kan erhållas genom addition av konstanta inkrement för C och H-atomerna förutsatt att det inte finns någon annan ringstruktur än 5- och 6- ringar i molekylen.

För $C_n H_{2n+x}$ gäller således

$$M_r = A_n + B_x \quad (1).$$

A och B = konstanter

M = molekylvikt

r = specifik refraktion.

Det additiva sambandet undersökte för en mängd mättade oljor ($C_n H_{2n+x}$). Ekvation 1 omvandlades för detta ändamål till

$$r = a + b \cdot y \quad (2).$$

r = specifika refraktionen

a och b = konstanter

y = vikts % väte definierad av ekvationen

$$y = \frac{1,008 (2n + x)}{M} \times 100.$$

En diagram avses r på abscissan och y på ordinaten. De inprägnade värdena spreda sig tätt omkring en rät linje, vilket visar att ekvation 2 och således även ekvation 1 äro allmän-giltiga för mättade kolväteblandningar. Den rätta linjens ekva-tion beräknades till

$$r = 0,2084 + 0,008421 y. - - - (3).$$

Om det finns dubbelbindningar i molekylen tillkommer till ekv. 1 ännu ett additivt inkrement för varje dubbelbindning, som dock varierar med dubbelbindningens natur. Om det variabla inkremen-tet betecknas med k och antalet dubbelbindningar i molekylen med Z fås

$$M_r = A_n + B_n + k \cdot Z$$

Vid dehydrering av en mättad olja, vars specifika refraktion uttrycks av ekvation 3, skulle denna således förändra sig till

$$r = 0,2084 + 0,008421 y + \frac{k \cdot Z}{M} - - - (4).$$

2. I detta sammanhang införes storheten h som definieras så-som omättnadsgraden uttryckt i gram väte per 100 g prov.

$$\text{Således: } h = \frac{201,6 \cdot Z}{M} - - - (5).$$

h insättes i ekvation (4) som då förändras till

$$r = 0,2084 + 0,008421 y + \frac{h \cdot k}{201,6} - - - (6).$$

Som redan nämnts är första steget i typanalysen att bestämma omättnadsgraden eller aromathalten. (Olefiner behandlas i fort-sättningen som partiella aromater).

Ekv. 6 uttrycker omättnadsgraden h i storheterna r, y, och k, av vilka endast k är obekant. För att kunna beräkna h fordras således ännu en ekvation angivande samband mellan h och k. (k = additiva inkrementet per dubbelbindning till moleky-lar refraktionen).

För detta ändamål utnyttjas specifika dispersionen enligt Gladstone och Dale:

$$S = \frac{n_F - n_c}{d} \cdot 10^4$$

S är approximativt = 98 ± 1 för mättade kolväten och ökar för omättade föreningar. Ökningen i den molekylära dispersionen på grund av dubbelbindningar är således:

$$M (S - 98)$$

och inkrementet per dubbelbindning:

$$\frac{M (S - 98)}{Z}$$

Kombineras detta inkrement med ekv. (5) blir inkrementet:

$$\frac{201,6}{h} \cdot (S - 98)$$

h

Inkrementet är således en konstant multipel av storheten $(S - 98)$ som här kallas dispersiviteten. För att få ett samband mellan dispersiviteten och k (= inkrementet per dubbelbindning till molekylar-refraktionen) avsattes, i ett diagram, dispersiviteten på abscissan och k på ordinatan. Konstanterna för olika typer av oljor och kolväten inprickades, och föll i stort sett utmed en svagt böjd linje. Denna linjes ekvation beräknades till

$$k = 0,811 \cdot \left[\frac{S - 98}{h} \right]^{0,292} \quad \text{--- (7).}$$

Med hjälp av ekvation 6 och 7 kan således omättningsgraden h uträknas. Emedan uträkningarna äro rätt besvärliga ange författarna två nomogram med vars hjälp h och k lätt erhålles ur r, s och y.

Bestämning av procenten aromatiska, nafteniska och paraffiniska kolatomer i molekylen.

Omättningsgraden h kan således bestämmas ur de uppmätta konstanterna r, y och S. Antag tills vidare att de omättade kolvätena endast äro aromatiska. Då erhålles procentuella mängder aromatiska kolatomer per molekyl för en kolväteblandning med formeln $C_n H_{2n + \frac{2Z}{X}}$, ur följande ekvation:

$$A = 100 \cdot \frac{2Z}{n} \quad \text{--- (8).}$$

A = % aromatiska C-atomer per molekyl.

Z = antalet dubbelbindningar per molekyl

3) Antalet C-atomer i molekylen = n. Då fås

$$n \cdot 12,010 = \frac{M(100 - y)}{100}$$

M = medelmolekylvikten

y = vikts % väte.

$$n = \frac{M \cdot (100 - y)}{1201,0}$$

Enligt ekvation 5 är:

$$h = \frac{201,6}{M} \cdot Z \quad \text{och} \quad Z = \frac{h \cdot M}{201,6}$$

Insättes värdena för Z och n i ekvation (8) fås efter hyfsning

$$A = \frac{1191,5 \cdot h}{100 - y} \quad (9).$$

Om olefiner finnas i provet måste omättnadsgraden h korrigeras för olefinhalten. h anger totala omättnadsgraden. h_0 omättnadsgraden beräknad av olefinhalten, och h_A den aromatiska omättnadsgraden. Då gäller:

$$h_A = h - h_0$$

h_0 uttryckes av bromtalet enl. följande ekvation.

$$h_0 = \frac{\text{Bromtal}}{79,3}$$

79,3 = atomvikten för brom.

Den verkliga aromathalten uttryckes då av ekvationen:

$$A = \frac{1191,5 h_A}{100 - y} \quad (10)$$

Antalet aromatiska C-atomer i molekylen erhålles lätt om A är känt:

$$\text{Aromatiska C-atomer} = \frac{n \cdot A}{100}$$

n = total antalet C-atomer i molekylen

Nästa steg är att beräkna antalet ringar i molekylen.

Ringantalet R fås ur ekvationen: (Summaformel $C_n H_{2n+x}$)

$$\begin{aligned} 2R + 2Z + x &= 2 \\ R &= \frac{2 - 2Z - x}{2} \quad (11) \end{aligned}$$

Enl. ekvation 5 är $Z = \frac{M \cdot h}{201,6}$

x kan beräknas ur atomvikterna för H, C och CH_2 (=14,026) således

$$x = \frac{0,14026}{1,008} \cdot y - 2$$

12,010

Insätts värdena för x och Z i ekvation (11) fås

$$R = 1 - \frac{M \cdot h}{201,6} + \frac{M(2,016 - 0,14026 y)}{24,212} \quad (12)$$

Man kan enligt ekvation 12 således bestämma totala antalet ringar per moleky. Men för att kunna bestämma halten nafteniska och paraffiniska C-atomer måste man känna till antalet C-atomer per ring. Detta kan inte beräknas och man måste således uppskatta antalet ringkolatomer. Detta betecknas med C_R . De flesta petroleumoljor innehålla till största delen endast 5- och 6- ringar. En viss ledning vid uppskattningen ger värdet på k, enligt omstã-

<u>Kolväte</u>	<u>k vid 20°C</u>
Cyklopenten	1,46
Alkylcyklohexener	1,40-1,85
Alifatiska monocolefiner	1,60-1,90
Alkyl bensoler	1,60-1,90
Inden	1,89
Difenyl	1,91
Alkylnaftaliner	2,10-2,25
Alkylantracener	2,60-2,90

För de hydrerade oljorna har C_R valts till 5,5 C-atomer per ring. Då R är beräknat och C_R uppskattat fås antalet ring C-atomer per molekyl = $R \cdot C_R$ antalet nafteniska C-atomer per molekyl = $R \cdot C_R - \frac{A \cdot n}{100}$ antalet paraffiniska C-atomer per molekyl = $n - R \cdot C_R$.

Divideras dessa värden med totala antalet C-atomer per molekyl (n) och multipliceras med 100 fås procentuella mängden aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer. Olefinerna kunna inte enligt denna metod bestämmas separat, de cykliska olefinerna innefattas i naftenhalten och de acykliska i paraffinhalten. I de undersökta oljorna är olefinhalten så låg att de inte inverka på analysen. Denna analysmetod jämförd med Watermans metod ger rätt god överensstämmelse för aromathalter under 40 %. Är aromathalten högre, ger Watermananalysen mycket högre värden än denna. T.ex. ger en aromatisk olja 46 % aromatiska C-atomer enligt denna metod och 85 % C-atomer enligt Watermans analys. Vilken av dessa värden som är det viktigaste är däremot svårt att säga. För att närmare belysa gången i analysen följer nedan beräkningarna för fraktion 200-215°C.

Fraktion 200 - 215 °C.

$$\text{Spec. vikt } d_4^{20} = 0,8468$$

$$\text{Brytningsindex } n_D^{20} = 1,4721$$

$$\text{Spec. dispersion } \frac{n_F - n_C}{d} \cdot 10^4 = 129,7$$

$$\text{Bromtal} = 1,1$$

$$\text{Medelmolekylvikt } M = 153$$

$$\text{Vikts } \% C = 87,63$$

$$\text{" " H} = 12,45$$

$$\text{Summa C + H} = 100,08$$

$$\text{Vätehalten } y = \frac{H}{C+H} \cdot 100 = 12,44$$

y beräknas på detta sätt för att minska felet, förorsakat av små mängder förureningar i oljan.

$$\text{Specifika refraktionen } r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} = 0,3308$$

$$h \cdot k \text{ ur nomogram} = 3,6$$

$$\text{Omättnadsgraden } h \text{ fås ur nomogram} = 2,01$$

$$\text{Inkrementet per dubbelbindning för mol. refraktionen } k = \frac{h \cdot k}{n} = 1,79$$

$$\text{Olefiniska omättnadsgraden } h_o = \frac{\text{Bromtalet}}{79,3} = \frac{1,1}{79,3} = 0,01$$

$$\text{Aromatiska omättnadsgraden } h_A = h - h_o = 2,01 - 0,01 = 2,00$$

$$\text{Aromathalten } A = \frac{1191,5 \cdot h_A}{100 - y} = 27,2$$

$$\text{Antalet C-atomer i molekylen } = n = \frac{M(100 - y)}{1201} = 11,15$$

$$\text{Antalet ringar per molekyl} = 1 - \frac{M \cdot h}{201,6} + \frac{M(2,016 - 0,14026 \cdot y)}{24,212} = 1,19$$

$$\text{Antalet C-atomer per ring} = C_R = 5,5 \text{ (uppskattat värde)}$$

$$\text{Antalet ring-C-atomer per molekyl} = R \times C_R = 6,55$$

$$\text{Antalet aromatiska C-atomer per molekyl } C_A = \frac{A \cdot n}{100} = 3,04$$

$$\text{" nafteniska " " " } C_N = R \cdot C_R - C_A = 3,51$$

$$\text{" paraffiniska " " " } C_P = n - R \cdot C_R = 4,60$$

$$\text{Vikts } \% \text{ aromatiska C-atomer} = 27$$

$$\text{Vikts } \% \text{ nafteniska C-atomer} = \frac{C_N}{n} \cdot 100 = 32$$

$$\text{Vikts } \% \text{ paraffiniska C-atomer} = \frac{C_P}{n} \cdot 100 = 41$$

Bestämning av aromathalten genom behandling med 99% H_2SO_4 .

Enligt normerna för flygfotogen MC 75 skall aromathalten bestämmas enligt IP 3/42. Provet behandlas med $99 \pm 0,5\%$ H_2SO_4 , och därefter bestäms anilinpunkten på oljan. Differensen mellan anilinpunkterna före och efter svavelsyrabehandlingen korrigeras för olefinhalten. Ur en tabell avläses den aromathalt som motsvarar den korrigerade differensen. På detta sätt kunna oljor med max 40% aromater analyseras. Är däremot aromathalten större än 40% måste det ursprungliga provet blandas med någon aromatfri substans, t.ex. i förhållandet 1:1, och anilinpunkten på blandningen bestämmas före och efter svavelsyrabehandlingen. Ur blandningens aromathalt kan sedan aromathalten för det ursprungliga provet lätt beräknas.

De hydrerade oljorna behandlades enligt föreskrifterna med 99 %-ig svavelsyra och anilinpunkten på den mättade oljan bestämdes. Differensen mellan anilinpunkterna före och efter H_2SO_4 behandlingen uträknades. Det visade sig att differensen för fraktionerna 215-230, 230-245 och 245-260, var för stor, för att direkt ur tabellen kunna avläsa provens aromathalt. För dessa fraktioner blandades de ursprungliga proven med en viss mängd svavelsyrebehandlad olja ur samma prov. På detta sätt hade den aromatfria substansen i blandningen ungefär samma kokintervall som det ursprungliga provet. Anilinpunkten på blandningarna bestämdes och ur differensen mellan den svavelsyrabehandlade oljans anilinpunkt och blandningens anilinpunkt erhöles aromathalten för blandningen ifråga. Då mängden aromatfri substans var känd kunde aromathalten för det oblandade provet lätt uträknas.

För att få ett begrepp om metodens tillförlitlighet gjordes tre bestämningar på kända blandningar av tetralin (kokp. $205-207^\circ C$) och n-dodekan (kokp. $215^\circ C$).

	<u>Aromathalt</u> <u>vikt % enl. invägning</u>	<u>Aromathalt</u> <u>enl. analys.</u>
Pröv 1	35,0	35,2
Prov 2	41,0	39,7
Prov 3	45,6	43,8

Ur tabellen framgår att metoden är rätt tillförlitlig åtminstone då olefinhalten är låg.

2. Litteraturförteckning över analys av fotogenera och tynare
oljors sammansättning.

Aromatbestämning genom svavelsyra behandling:

1. Standard Methods for testing Petroleum and its Products.
Institute of Petroleum, London.

Metoden är beskriven på föregående sida.

2. Determination of Aromatics and Olefins in Hydrocarbon
Mixtures, C. Berg, F.D. Parker: Anal. Chem. 1948 20 456.

Behandling med rykande svavelsyra (15 % SO_3) och konc. ättik-
syra ger noggrannare värden än enbart 98 % svavelsyra.

3. Determination of Total Aromatics and Olefins.

Mells, Kurtz, Heyn, Lipkin. Anal. Chem. 1948 20 333. Aromat och
olefinhalten bestämmas genom behandling med konc. H_2SO_4 inne-
hållande 30 vikts % P_2O_5 .

Aromatbestämning genom adsorption i silicagel.

National Bureau of Standards har utgivit en mängd publika-
tioner bland vilka kan nämnas följande:

4. Analytical determination of aromatic hydrocarbons by
adsorption. Mair, Forziati, J. Research Natl. Bur. Standards 32
151 (1944) RP 1582.

5. Separation and recover of aromatic hydrocarbons from
paraffins and naphtenes by adsorption.

Mair, Forziati, J. Research Natl. Bureau of Standards 32 151
(1944) R.P. 1582.

6. Proposed method of test for aromatic hydrocarbons in mix-
tures with naphthenes and paraffins by silicagel adsorption.

Mair, Rossini: ASTM Standards of Petroleum Products com. D-2
Yearbook p. 20 (1946). ASTM Standards of Petroleum Products com.
D-2 Yearbook p. 486 (1947).

7. Assembly and testing of a 52-foot laboratory adsorption
column. Separation of hydrocarbons by adsorption.

Mair, Gaboriault, Rossini: Ind. Eng. Chem. 39, 1072 (1947).

8. Determination of Aromatics in Petroleum Products.

A1. Conrad Anal. Chem. 1948 20 233.

En kromatografisk metod beskrives för användning vid bensin och
fotogenfraktioner. Metoden kombinerar silicagel-adsorption och
fluorescens i ultraviolett ljus, och ger aromathalter med en
noggrannhet av ± 2 %. Olefiner och andra kolväten störa ej.

9. Vlughter, Waterman, van Westen: Type analysis of hydrocarbons.
J. Inst. Petroleum juli 1935 sid. 661-676.

Enligt denna metod kan man bestämma procenthalten aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer (innefattande paraffiner och paraffiniska sidokedjor) med hjälp av molekylvikt, brytningsindex, specifik vikt och anilinpunkt. Metoden utarbetades så att olika oljor hydreras och de fysikaliska konstanterna bestämdes före och efter hydreringen. Aromathalten erhöles ur förändringen i fysikaliska data vid hydreringen, och naften och paraffinhalten ur den mättade oljans konstanter. Författarna ha hydrerat en mängd olika oljor och ritat diagram över förändringarna av konstanterna. Vid analys enligt denna metod behöver man således ej hydrera oljan, utan konstanterna för det hydrerade provet kunna med hjälp av dessa diagram beräknas ur originalprovets data. Diagrammen äro utarbetade för tyngre oljor (molekylvikt < 300).

10. Deanesly, Carleton. Type Analysis of Hydrocarbons.

Metoden har tidigare beskrivits.

11. Calculation of Weight Per Cent Ring and Number of Rings per Molecule for Aromatics.

Lipkin, Martin, Anal. Chem. 19 (3) 183 (1947).

Vikts % ringar och antalet ringar per molekyl beräknas ur specifika vikten och specifika viktens temperaturkoefficient, vilken senare kan fås ur molekylvikten. Om naftener finns närvarande ger metoden för låga värden. I en blandning av paraffiner och aromater är den tillförlitlig. Den kan med fördel kombineras med silicageladsorption.

12. Analysis of Naphtenic Ring Content in Mixtures of Naphtenes and Paraffins.

Lipkin, Martin, Kurtz.

Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18 376 (1946). Procent nafteniska ringar beräknas ur specifik vikt eller specifik refraktion samt specifika viktens temperatur koefficient.

Litteraturlösteckning.

1. Gruse, Stevens: The Chemical Technology of Petroleum s.498-507.
2. W.L. Nelson: Oil Gas Journal 17,9 - 42, 41, (19) 47.
" " " 2.10 - 41 40, (21) 42.
3. Institute of Petroleum: Standard Methods for Testing Petroleum and its Products: Method IP 41/42
4. Journal Inst. Petroleum 30 (juli 1944) 193 - 197.
5. G. Vorberg: Petroleum Refiner okt. 1945 24 (10) 394 - 396.
6. W.C. Frische: Petroleum Refiner okt. 1946 25 517 (Nomogram)
7. Oil Gas Journal 13. 11. 41 40, 27.
8. Gregor, Mac Pherson, Pinotti: Petroleum Refiner 27 (7) 365 - 370 (juli 1948).
9. Doyle, Landen: Trans. Amer. Soc. Mech Engr. nov. 1948 70 (8) 937 - 949.
10. Erhov, Zelenin: Dieselbränsle ur Skiffer, Meddelande 1 Tidskrift för tillämpad kemi XX 841 - 844 (1947).
11. Smolak, Nelson: Petroleum Refiner 27 (8) 405 - 409 (aug.1948).
12. Apjohn, Nelson: Petroleum Refiner 27 (7) 346-354 (juli 1948).
13. Marder: Motorkraftstoffs. Del 1.
14. E. Grabe: Svensk kemisk tidskrift 56 (4) (1944)
" " " 57 141 - 148 (1945).
15. Marder, Heinze, Weidt: Del und kohle 37 422-30 (1941).
16. G. Magnusson: Teknisk Tidskrift 79 (12) 219 - 222 (mars 1949).
17. C.G. Williams: Journal Inst. Petroleum 33, n:r 281 Maj 1947.
18. Murray: Oil Gas Journal 8, jan. 1948 s. 53.
19. C.R. Johansson: Amer. Soc. Mech Engr. 28 maj 1947.
20. Oil Gas Journal 13. 1. 45, 43, (36) 84.
21. Rapporter från högtryckslaboratoriet vid IVA (ej publ.).
22. The Science of Petroleum del II.
23. Standard Methods for Testing Petroleum and its Products. Institute of Petroleum, London.
24. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18, 633 (1946).
25. " " " 38, 447 (1946).
26. ASTM-Standards of Petroleum Products and Lubricants sept. 1945.
27. Deanesly, Carleton: Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 14, 220 (1942).
28. Ingeniörshandboken del I.
29. Bur. Stds. Misc. Pub. n:o 97 (1929).
30. Chem. Abstracts 43 (1949) 2755
31. Teknisk Tidskrift 22 jan. 1949.
32. Oil Gas Journal 17.9.42 41 (19) 47.
33. The Petroleum Times dec. 20, 1947 s. 1267.
34. Oil Gas Journal 13.11 -41 40 (27) 27.
35. J. Soc. Ant. Engr. 1941 49 (4) 448.
36. Uppgifter från kungl. Flygförvaltningen Materialavdelningen, Motobyran. (ej publ.)

Normer för dieselbränslen.

I tabell 16 upptages Svenska Teknologföreningens normer 1949, ASTM-normer för 1941, fordringar på brittiska standardbränslen 1947, fordringar på dieselbränslen för amerikanska armén 1941, och ett förslag för ett universaldieselbränsle för amerikansk snabb armé- och marinutrustning 1941.

Svenska Teknologföreningens normer, rev. 1949. (31).

Motorbrännoljorna äro uppdelade i fyra klasser, Mb 1, Mb 2, Mb 3 och Mb 4.

Mb 1 är lämplig för diesel - hesselman och tändkulemotorer med varvtal omkring och över 1000 r/m, i bussar lastbilar, traktorer mindre båtar, motorvagnar m.fl.

Mb 2 är lämplig för diesel- och tändkulemotorer med varvtal ej överstigande 1000 r/m i fartyg och stationära anläggningar.

Mb 3 är lämplig för medelstora dieselmotorer med varvtal upptill 600 r/m i fartyg och stationära anläggningar.

Mb 4 är lämplig för långsamtgående dieselmotorer upptill 300 r/m i fartyg och industriella anläggningar.

ASTM - normerna (32) upptaga fyra bränsletyper, 1D, 2D, 3D, och 4D.

1D och 2D äro lämpade för snabba bil- och fartygsmotorer.

3D och 4D användas vid större långsamtgående motorer

De brittiska normerna (33) ange två standardbränslen, typ A och typ B.

Typ A gäller för snabba bil- och fartygsmotorer.

Typ B för långsamtgående motorer.

De amerikanska arméspecifikationerna (34), gälla för snabba dieselmotorer i armébilar m.m. Bränslena äro uppdelade i tre typer beroende på i vilket klimat de skola användas.

Typ A bör användas i varma trakter.

Typ X i kalla nejder.

Typ B i tempererade zoner.

I normerna anges inom vilka geografiska områden respektive bränsle är lämpligast (34).

Det föreslagna universaldieselbränslet är lämpat för snabb armé och marinutrustning.

Normer för reaktionsbränslen.

I tabell 17 anges normerna för de amerikanska reaktionsbränslena JP 1, JP 2, och JP 3, den föreslagna svenska normen för flygfotogen MC 75, och data för det engelska reaktionsbränslet SR 312.

Amerikanska normer (18).

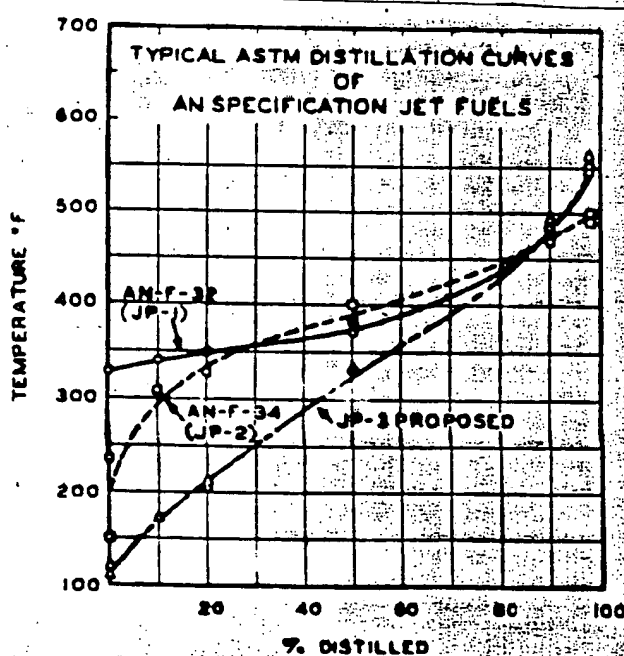
JP. 1. fordrades i januari 1948 för alla flyg- och markoperationer av militära reaktionsflygplan. (Analysmetod AN - F - 32).

JP. 2. användes till början av 1948 för markundersökningar av reaktionsmotorer, men bestämmelserna upphävdes i januari 1948, varför denna typ ej mer användes. (Analysmetod AN - F - 34).

JP. 3. Enligt uppgifter i januari 1948 (18) skulle JP.3. inom en mycket snar framtid ersätta JP. 1. som reaktionsbränsle för militära flygplan.

I jämförelse med JP. 1. tillåter JP. 3. ett större destillationsintervall, större ångtryck och högre aromathalt. Fig. 14 visar destillationskurvorna för JP.1., JP.2. och JP. 3.

Fig. 14.



I fig. 15 anges de procentuella mängder av de olika typerna, som kunna erhållas ur rå olja. Vad beträffar "cracked - straight run blends" är det inte säkert att de komma att motsvara alla fordringar för JP. 3. Undersökningar visa att hartstalet i många fall blir högre än det maximalt tillåtna.

Fig. 15.

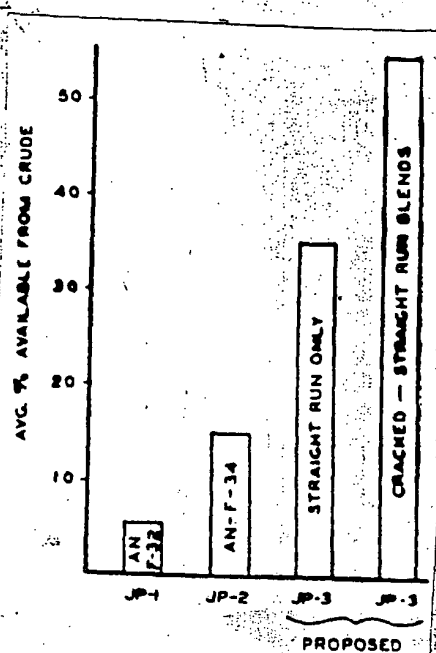


Fig. 8—Availability of jet fuels

Svensk norm.

Den föreslagna normen för flygfotogen, MC 75 är ännu ej fastställd. En del av de fordringar som ej specificerats ha inte medtagits i tabell 17. Tabell 18 visar denna norm sådan den för närvarande ser ut.

Flygfotogen enligt MC 75 är för närvarande det enda reaktionsbränsle som användes inom flygvapnet.

Tabell 15.

		Odest. olja	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Frakt 230-245	Frakt 245-260	Rest >260
Specifik vikt	d_{20}^{20}	0,8528	0,8468	0,8597	0,8705	0,8778	0,8897
" "	d_{60}^{60}	0,857	0,851	0,864	0,875	0,882	0,894
API ^o		33,6	34,8	32,3	30,2	28,9	26,8
Viskositet -40°C	cst	ca 8,5	ca 5,5	ca 11	ca 22	ca 40	—
" -20°C	cst	4,9	3,6	5,6	9,5	14	ca 75
(18°C) 0°F	"	4,6	3,4	5,4	9,0	12,5	ca 67
0°C	"	3,43	2,68	3,64	5,11	7,01	22,3
20°C	"	2,39	2,08	2,51	3,09	3,99	9,48
(37,8°C) 100°F	"	1,9	1,7	2,0	2,4	2,8	5,5
50°C	"	1,69	1,56	1,76	1,99	2,35	4,11
Dest. f.d.	°C	126	168	196	206	(164)	261
10%		174	191	211	225	243	278
20%		187	194	213	226	249	281
50%		216	201	218	233	253	289
90%		270	215	228	244	260	317
Sluttemp.		320	231	245	258	272	347
Förlust vol%		0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5
Flampunkt PM	°C	44	62	76	88	(82)	123
Lägsta flytttemp.	°C	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	<-58
Hartstal	mg/100ml		1	—	1	—	
Conradssontal	vikts%	<0,1	<0,05	—	—	—	<0,1
Ångtryck	kg/cm ²	<0,01	<0,01	—	—	—	—
Anilinpunkt	°C	31,6	27,7	27,9	29,4	33,6	51,5
Dieselinde		30	28	27	26	27	33
"Cetanzahl" CaZ		24	18	21	24	30	41
Cetanindex		30	28	28	29	32	38
Cetantal		10	3	7	9	18	35
Brytningsindex n_D^{20}		1,4755	1,4721	1,4792	1,4852	1,4888	1,4943
Spec. disp. $(n_F - n_C) \cdot 10^4$		129,7	129,7	128,1	129,3	130,5	134,4
Medelmolekylvikt		164	153	165	175	189	218
Bromtal enl. Braae		1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,6
Elementaranal. C	vikts%	87,46	87,63	87,74	88,03	87,83	87,98
H	"	11,89	12,45	12,31	11,92	11,94	12,00
H:C	"	1,62	1,69	1,67	1,55	1,60	1,63
Svavel	"	0,03	0,01	0,01	0,01	—	0,15
Specifik refrakt. $\frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} \cdot d$		0,3304	0,3308	0,3300	0,3294	0,3287	0,3274
Aromatiska C-atomer	vikts%	34	27	29	34	31	26

50%		216	201	218	233	253	289
90%		270	215	228	244	260	317
Sluttemp.		320	231	245	258	272	347
Förlust	vol%	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5
Iempunkt PM	°C	44	62	76	88	(82)	123
Lägsta flyttemp.	°C	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	<-58
Hartstal	mg/100ml		1	--	1	--	
Conradssontal	vikts%	<0,1	<0,05	--	--	--	<0,1
Ångtryck	kg/cm ²	<0,01	<0,01	--	--	--	--
Anilinpunkt	°C	31,6	27,7	27,9	29,4	33,6	51,5
Dieselindex		30	28	27	26	27	33
"Cetanzahl" CaZ		24	18	21	24	30	41
Cetanindex		30	28	28	29	32	38
Cetantal		10	3	7	9	18	35
Brytningsindex n _D 20		1,4755	1,4721	1,4792	1,4852	1,4888	1,4943
Spec. disp. (n _F -n _C) HO ⁴		129,7	129,7	128,1	129,3	130,5	134,4
Medelmolekylvikt		164	153	165	175	189	218
Bromtal enl. Braae		1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,6
Elementaranal. C	vikts%	87,46	87,63	87,74	88,03	87,88	87,98
H	"	11,89	12,45	12,31	11,92	11,94	12,00
H:C	"	1,62	1,69	1,67	1,55	1,60	1,63
Svavel	"	0,03	0,01	0,01	0,01	--	0,15
Specifik refrakt. $\frac{n_D^2-1}{n_D^2+2} \cdot \frac{1}{d}$		0,3304	0,3308	0,3300	0,3294	0,3287	0,3274
Aromatiska C-atomer	vikts%	34	27	29	34	31	26
Nafteniska	"	21	32	25	19	28	52
Paraffiniska	"	45	41	46	47	41	22
Aromathalt total	vikts%	43	44	45	47	45	38
"Copperstrip Test"	Missfärg.	Ingen missf.	--	Mkt. obe. missf.		Mkt. starkt angrepp.	
	Ejmerkap.					Ejmerkap	
"Doctor - Test"	fritt svavel	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Fritt svavel	
Syratal	mgKOH/g	neutral.	neutral.	--	neutral.	--	neutral.
Eff. värmev. kcal/kg		10100	10100	10100	10100	10000	10000
Eff. värmev. kcal/l		8700	8600	8700	8800	8800	8900
Kal. värmev. kcal/kg		10900	10900	10800	10800	10800	10700
Kal. värmev. kcal/l		9300	9300	9400	9400	9500	9600
Naftalin	vikts %	--	0,8	--	--	--	--
Färg		gul	färglös	färglös	svagt gul	svagt gul	gul

Tabell 16.

Fordringar på dieselbränslen, jämförda med data för den hydrerade Ljungströmljan.

		Svenska normer för motorbränslen (1949)				ASTM normer 1941				Brl NOTE klass A
		MB 1	MB 2	MB 3	MB 4	1 D	2 D	3 D	4 D	
Cetantal	min.	45	28	25	23	50	45	35	30	45
Cetantal motsvarande blandnings oktantal										
Flämpunkt	min. °C	40	65	65	65	38	60	60	60	65
Kristallisations-temp.	max °C	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Lägst flytttemp.	max °C (sommar 0 vinter -20)	--	0	0	--	-18	-7	+2	+2	-18
Viskositet +20°C	max cst.	10	35	--	--	--	--	--	--	--
(38°C) 100°F	max cst.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
+50°C	--	--	--	35	28 (100°C)	--	--	--	--	--
ASTM dest. 85% överdest.	max °C	360	--	--	--	--	--	--	--	350
90%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sluttemp.	--	--	--	--	--	310	343	--	--	--
Aska	max. vikts%	0,01	0,03	0,05	0,15	0,01	0,01	0,02	0,05	0,01
Koks anl. Conradson	--	0,2	2,0	--	--	--	0,2	1,0	3,5	0,1
Seavel	--	1,2	2,0	--	--	0,5	1,0	1,5	2,0	1,5
Korr."Copper Strip Test"	stim. 100°C 5 min. (50°C)	--	--	--	--	100°C 5 min.	100°C 5 min.	--	--	100°C 5 min.
Vatten	max vol. %	0,10	0,5	1,0	2,0	--	--	--	--	0,1
Mekaniska föroreningar	max. vikts%	0,01	0,1	0,25	0,25	--	--	--	--	0,01
Vattensediment (Centrifug)	max. %	--	--	--	--	0,05	0,05	0,1	0,5	--
Syrehalt	mg KOH/g	--	--	--	--	--	--	--	--	no 11
Kel. värmeröde min.	kel./kg	--	--	--	--	--	--	--	--	10560
Eff.	--	10000	9600	9100	8500	--	--	--	--	--

x Kokstet på 10% återstod.

Brittiska normer 1947		U.S. Armé normer 1941			Förslags t. normer för universal- bränsle USA 1941		Toppad hydrerad Ljungströmlja						Obhydrer Lj-olja Frakt 180-230
klass A	klass B	Typ A	Typ B	Typ X		Odäst.	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Frakt 230-245	Frakt 245-260	Rest. >260		
45	22	50	47	45	47	10	3	7	9	18	35	19	
65	65	60	46	43	60	44	62	76	88	(82)	123	--	
--	--	-12	-23	-34	--	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	--	-75	
18	--	-18	-29	-40	-18	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	-58	-75	
--	--	--	--	--	--	2,39	2,08	2,51	3,09	3,99	9,48	1,7	
0-7,5	24	2,1-4,3	1,8-4,3	1,6-4,3	1,6-5,2	1,9	1,7	2,0	2,4	2,8	5,5	--	
350	--	--	--	--	--	1,69	1,56	1,76	1,99	2,35	4,11	--	
--	--	343	330	315	--	258	212	226	241	258	308	--	
--	--	371	371	343	371	270	215	228	244	260	317	225	
0,01	0,03	--	--	--	--	320	231	245	258	272	347	237	
0,1	2,0	0,15 ^x	0,15 ^x	0,15 ^x	0,15 ^x	<0,1 ^x	<0,05 ^x	--	--	--	<0,1 ^x	--	
1,5	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,03	0,01	0,01	0,01	--	0,15	1,3	
kt.svag lissfärg.	--	mycket svag lissfärg.			mkt.svag lissfärg	stark lissf.	ingen lissf.	--	mkt.svag lissfärg.	--	mkt.stark korros.	--	
0,1	0,25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,1	0,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
--	--	noil	noil	noil	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,1	noil	--	--	--	--	neutr.	neutral	--	neutral	--	neutral	--	
0560	10290	--	--	--	--	10900 ⁺	10900 ⁺	10800 ⁺	10800 ⁺	10800 ⁺	10700 ⁺	--	
--	--	--	--	--	--	10100 ⁺	10100 ⁺	10100 ⁺	10100 ⁺	10000 ⁺	10000 ⁺	9740	

Fordringar på reaktionsbränslen jämförda med data för den hydrerade Ljungströmoljan.

		USA Jet-fuel JP 1	USA Jet-fuel JP 2	USA Jet-fuel JP 3	Refer. fuel SE 312	F Fo M
Specifik vikt	Min. °API	--	35,0	--	--	--
"	15 °C	Max 0,850	--	--	0,805	--
"	max 20/4 °C	--	--	--	--	0,8
Flampunkt	min. °C	43	--	--	--	38
Viskositet vid -40 °C (-40 °F)	max cSt	10,0	10,0	10,0	--	--
" vid -18 °C (0 °F)	cSt	--	--	--	5,79	Max
" vid +38 °C (100 °F)	cSt	Min. 0,95	Min. 0,95	--	1,63	--
Stelningspunkt	Max °C	-60	-60	-60	--	--
Kristallisationstemperatur	Max °C	--	--	--	-40	-5
ASTM destillation						
F.D.	Min. °C	--	65	--	153	
10% överdest.	Max °C	Max. 210	--	--	175	
20% "	"	--	--	--	183	20
50% "	"	--	--	--	217	
90% "	"	max. 255	--	Min. 220	269	
Sluttemperatur	"	300	260	315	288	30
Återstod	Max vol%	1,5	1,5	1,5	--	2,
Förlust	"	1,5	1,5	1,5	--	1,
Svavel	max vikts%	0,20	0,20	0,5	0,2	0,
Korr. "Copperstrip" 100 °C		Svagt missfärg.			mkt.sv.missf.	Sv.
Syratal	Max. mgKOH/g	--	--	--	--	0,
Hartstal (Indunstn.rest)	Max. mg/100ml	5	5	10	--	6
Accelererat harts 7 tim. (AN-F-34)	"	8	8	--	--	--
D:o 16 timmar	"	--	--	20	--	--
Bromtal	Max.	3,0	3,0	14	--	--
Ångtryck	Max. kg/cm ²	--	0,14	0,35-0,49	0,20	--
Eff. värmevärde	Min.	--	--	10100	10310	103
Vattentolerans	vol %	Omedelbar grumling			--	Max
Olöst vatten		--	--	--	--	Ing
Mek. föroreningar		--	--	--	--	Ing
Inhibitor mängd	Max. g/100G1	--	--	24	--	Inf
Färg		Saybolt + 12 Min.			--	ex
Aromater(+olefiner)	Max.vikt %					
"	Max. vol %	20	20	30	8,6	
Naftener	vol %				57,4	
Paraffiner	vol %				85,3	
Aromatiska C atomer	%					
Nafteniska C atomer	%					
Paraffiniska C atomer	%					
C	%				85,3	
H	%				14,3	

Flyg Fotogen MC 75	Toppad hydrerad Ljungströmolja.							Olydrer. Lj-olja Frakt. 180-230
	Cdest.	Frakt. 200-215	Frakt. 215-230	Frakt. 230-245	Frakt. 245-260	Rest. >260	Frakt. <200	
---	33,6	34,8	32,3	30,2	28,9	26,8	---	---
0,813	0,857	0,851	0,864	0,875	0,882	0,894	---	0,853
38	0,853	0,847	0,860	0,871	0,878	0,890	---	---
---	44	62	76	88	(82)	123	---	---
---	ca 8,5	ca 5,5	ca 11	ca 22	ca 40	---	---	---
Max 6	4,6	3,4	5,4	9,0	12,5	ca 67	---	5,90(-20°C)
---	1,9	1,7	2,0	2,4	2,8	5,5	---	---
---	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	-58	---	---
-55	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	---	---	-75
	126	168	196	206	(164)	261	139	169
	174	191	211	225	243	278	159	186
200	187	194	213	226	249	281	164	189
	216	201	218	233	253	289	176	199
	270	215	228	244	260	317	199	225
300	320	231	245	258	272	347	224	237
2,0	1,4	0,9	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4	---
	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,1	4,0
0,10	0,03	0,01	0,01	0,01	---	0,15	---	1,3
Sv.missf.	St.missf.	Ing.missf.	---	Mkt.sv.missf.	---	St.korr.	---	---
0,1	0,09	0,04	---	0,04	---	0,06	---	---
6	---	1	---	1	---	---	---	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,6	---	Jodtal=70
---	0,01	0,01	---	---	---	---	---	---
10100	10100 ^z	10100 ^z	10100 ^z	10100 ^z	10000 ^z	10000 ^z	---	9740
Max 2,0	---	---	---	---	---	---	---	---
Inset	---	---	---	---	---	---	---	---
Ingen	---	---	---	---	---	---	---	---
klär färg	---	---	---	---	---	---	---	---
ex.gulakt.	gulakt.	färglös	---	Svagt gul	---	gul	---	---
	43 ^x	44 ^x	45 ^x	47 ^x	45 ^x	38 ^x	---	---
	42 ^x	43 ^x	45 ^x	47 ^x	46 ^x	39 ^x	---	59
	34	27	29	34	31	26	---	---
	21	32	25	19	28	52	---	---
	45	41	46	47	41	22	---	---
	87,46	87,63	87,74	88,03	87,89	87,98	---	86,8
	11,89	12,45	12,31	11,92	11,94	12,00	---	12,8

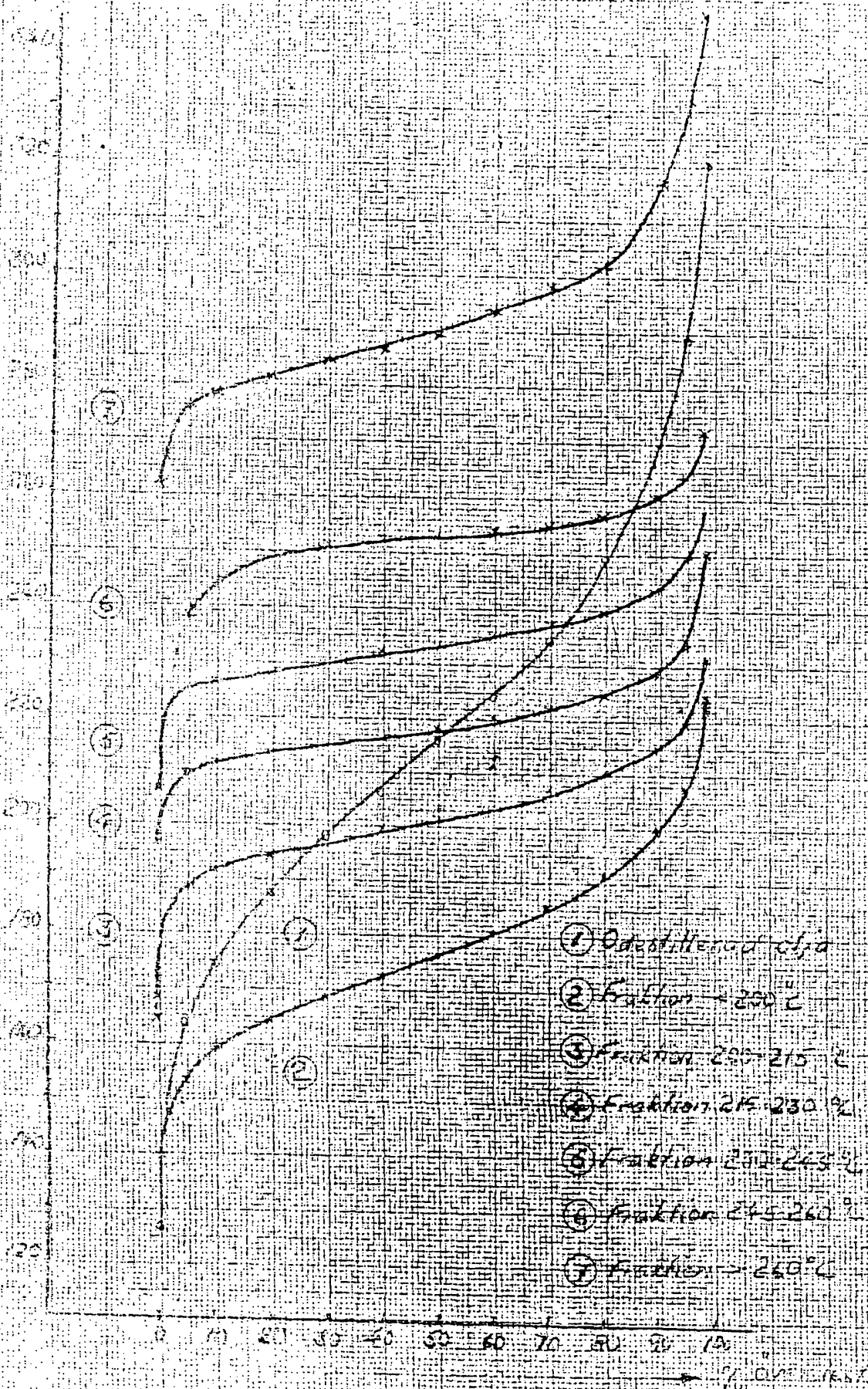
Föreslagen norm för flygfotogen MC 75.

Kungl.	Grupp: Flygmotorbränslen	Norm
Flygförvaltningen.	Typ: Flygfotogen	MC 75
Materialbeteckning.	MC 75 (varubeteckning: flygfotogen)	

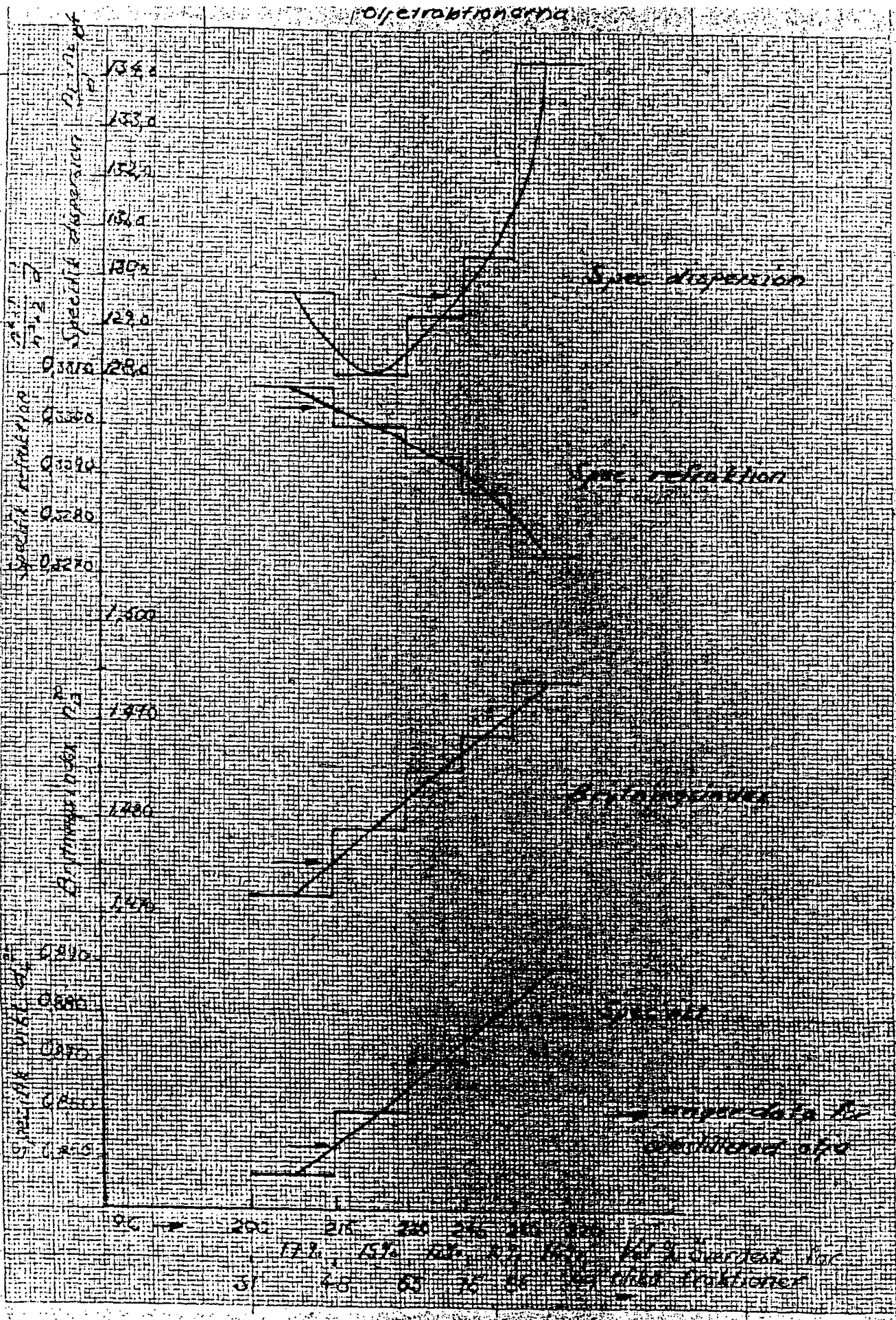
Sammansättning: Flygfotogen MC 75 skall bestå uteslutande av kolväten med undantag av erforderliga tillsatser av inhibitorer (ämnen som förhindra oxidation). Bränslet får icke innehålla ämnen som orsaka onormala avsättningar i och angrepp på reaktionsmotorer och bränslesystem för flygfotogen.

<u>Utseende:</u>			
Färg			klar, färglös (ev. gulaktig)
olöst vatten			inget
Mekaniska föroreningar			inga
Specifik vikt 20/4 °C		Max	0,810
Knackningsvärde			
vid mager blandning		Min	
vid rik blandning		Min	
Elytetraetyl	vol. %	Max	
Destillation			
temp. för överd. av 20vol%	°C	Max	200
" " " 50 "	°C	Max	
" " " 90 "	°C	Max	
Summa " " " 10 och 50 "	°C	Max	
sluttemperatur	°C	Max	300
rest och förlust	vol %	Max	3,5
förlust	vol %	Max	1,5
Reaktion på destillationsrest			
Kristallisationspunkt	°C	Max	- 55
Vattentolerans	Vol %	Max	2,0
Indunstningsrest (hartstal)	mg/100ml	Max	6
Ångtryck	kg/cm ²	Max	
Korrosivt svavel		Max	Korrosion får ej uppstå En svag missf. av Cn-blecket dock tillåtet
Halt svavel	Vikts %	Max	0,10
Aromatiska kolväten	" "	Max	20
Viskositet vid -18°C	cSt	Max	6
Flampunkt	°C	Min	38
Eff. värmevärde	kcal/kg	Min	10300
Neutralisationstal	mgKOH/g	Max	0,1

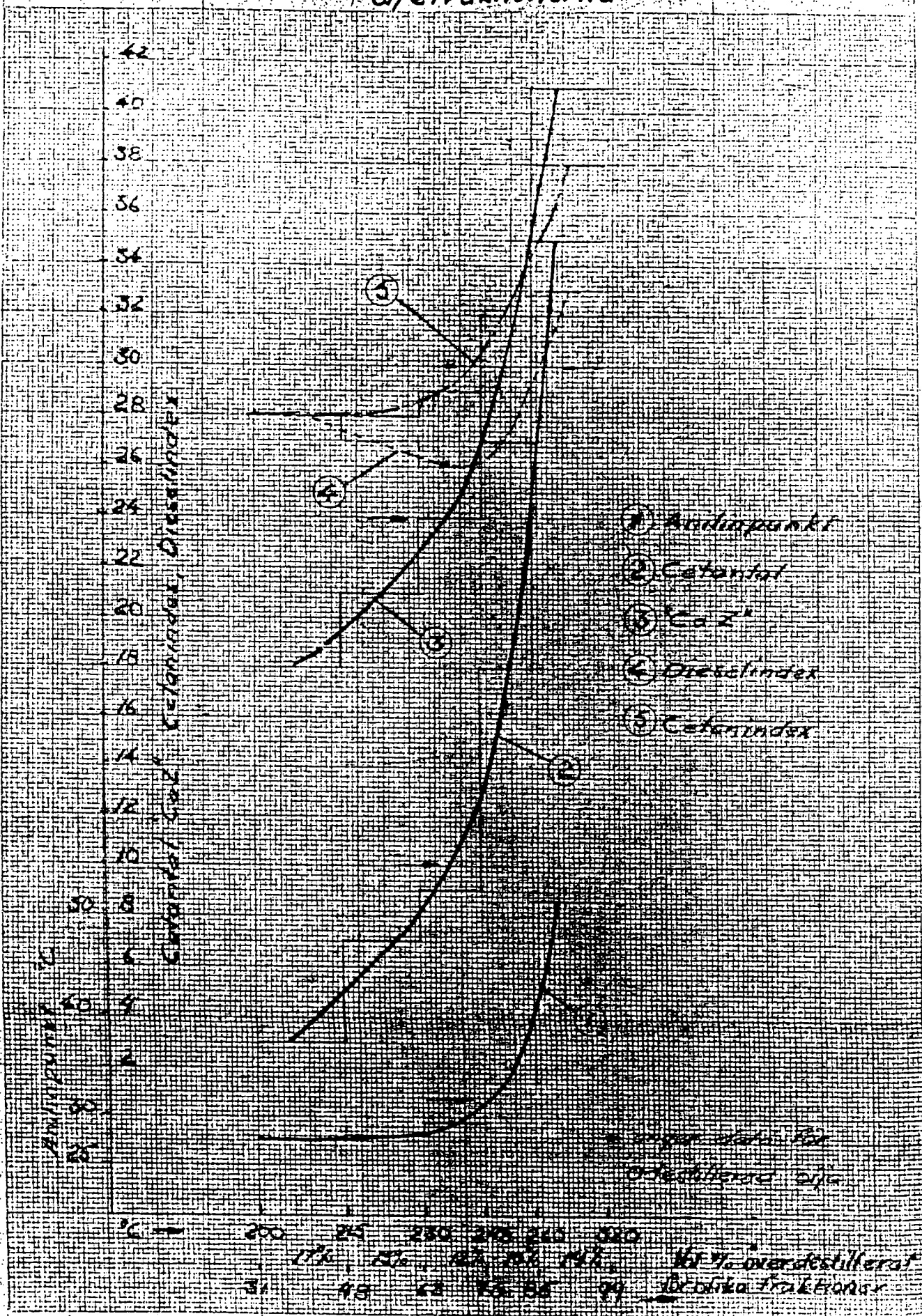
I fraktionerna

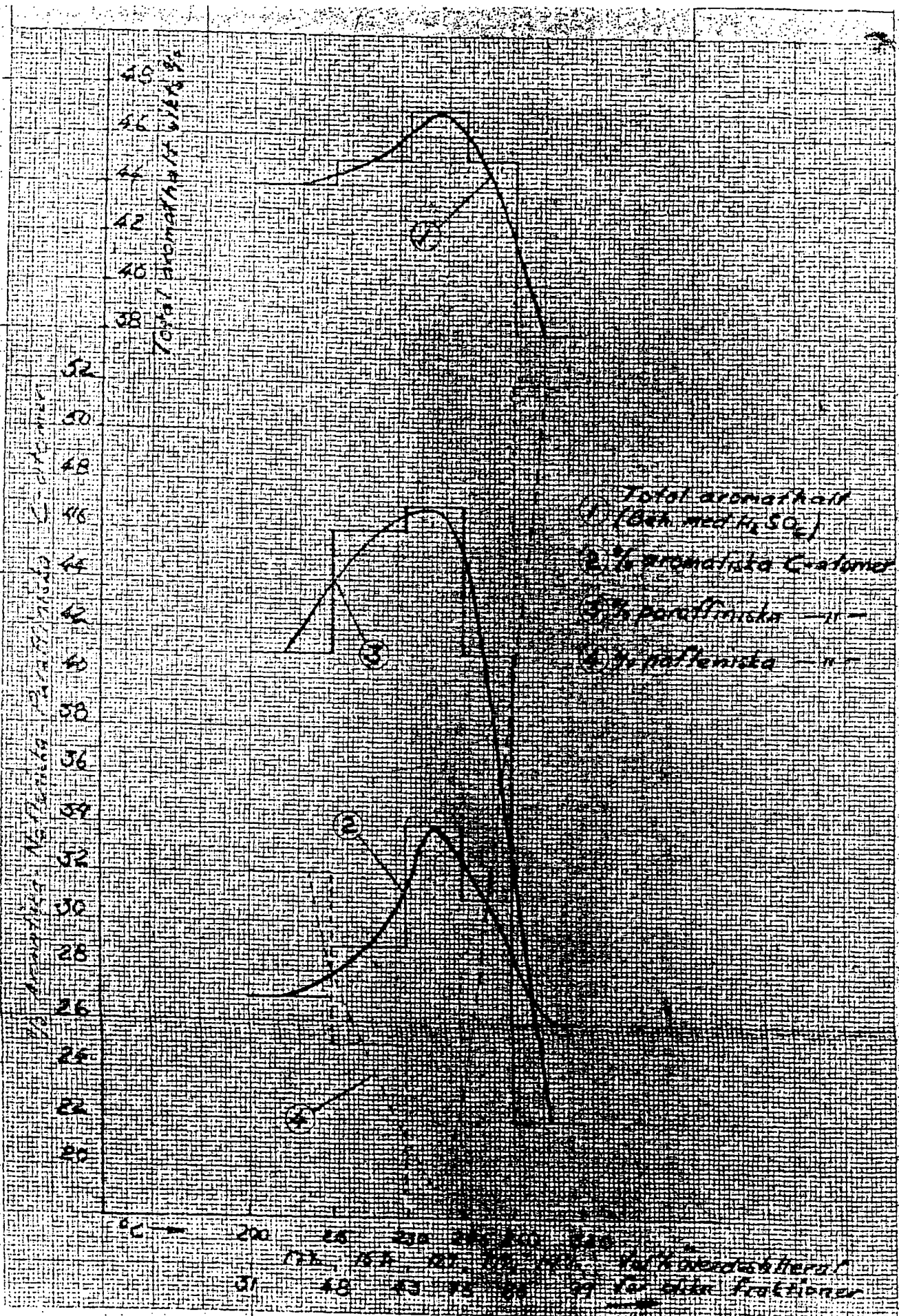


0,1 g/100 g







SI 3A.4
1 x 1 mm
ESSELTE
Nr 446



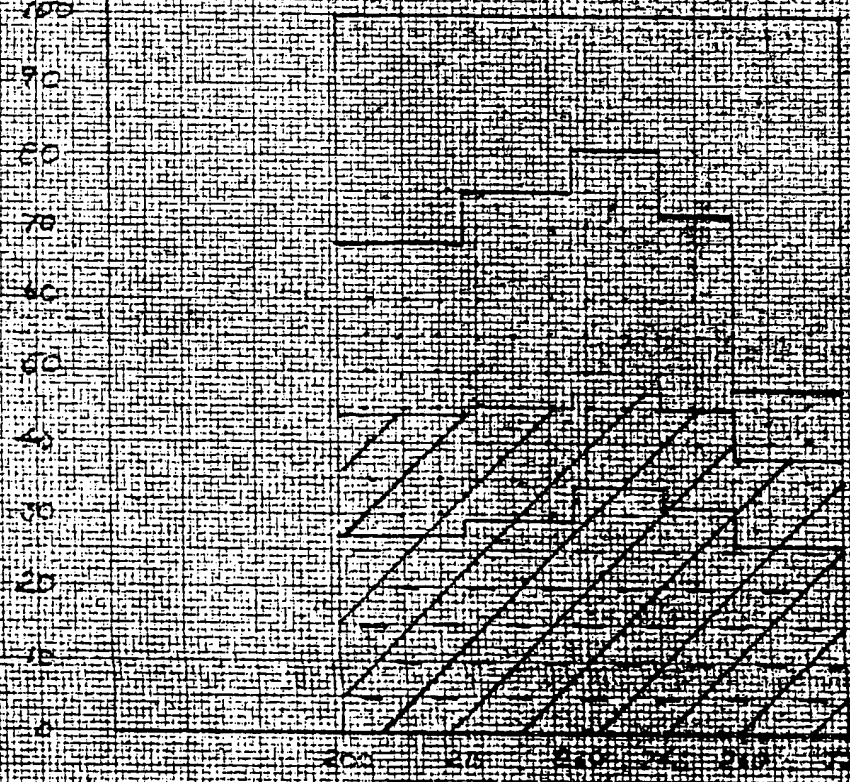


3 A. 4
1 x 1 mm
155111P
Nr 4446

200 225 250 275 300
175 185 195 205 215
31 48 53 58 63
Totalt aromathalt i %
för olika fraktioner

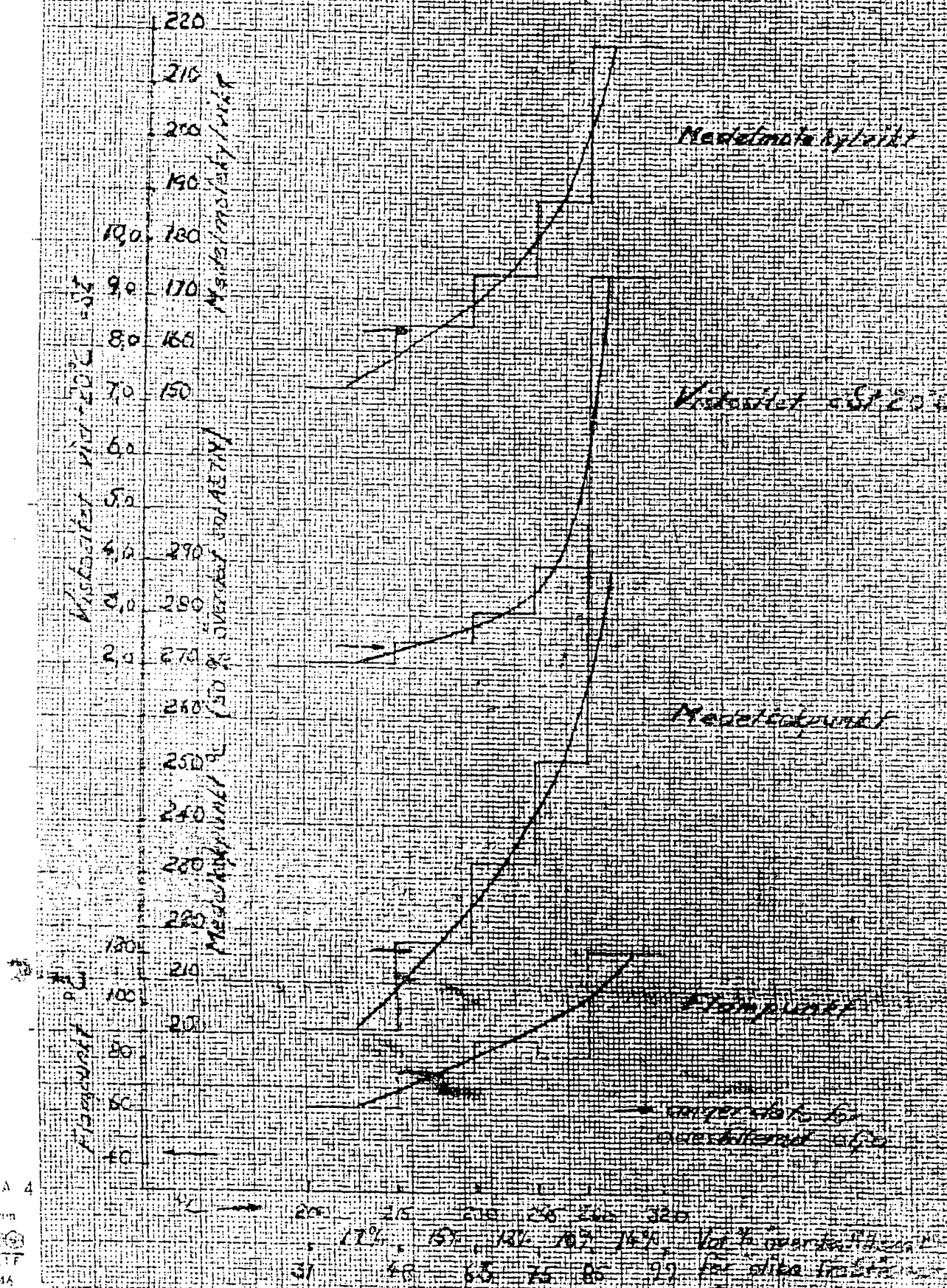
-  % Naftanika Gostomer
-  % Paraffinska
-  Total aromathalt
-  % Aromathika Gostomer

91-00
 200-320°C
 Fraktionierung
 100



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

oljefraktionerna



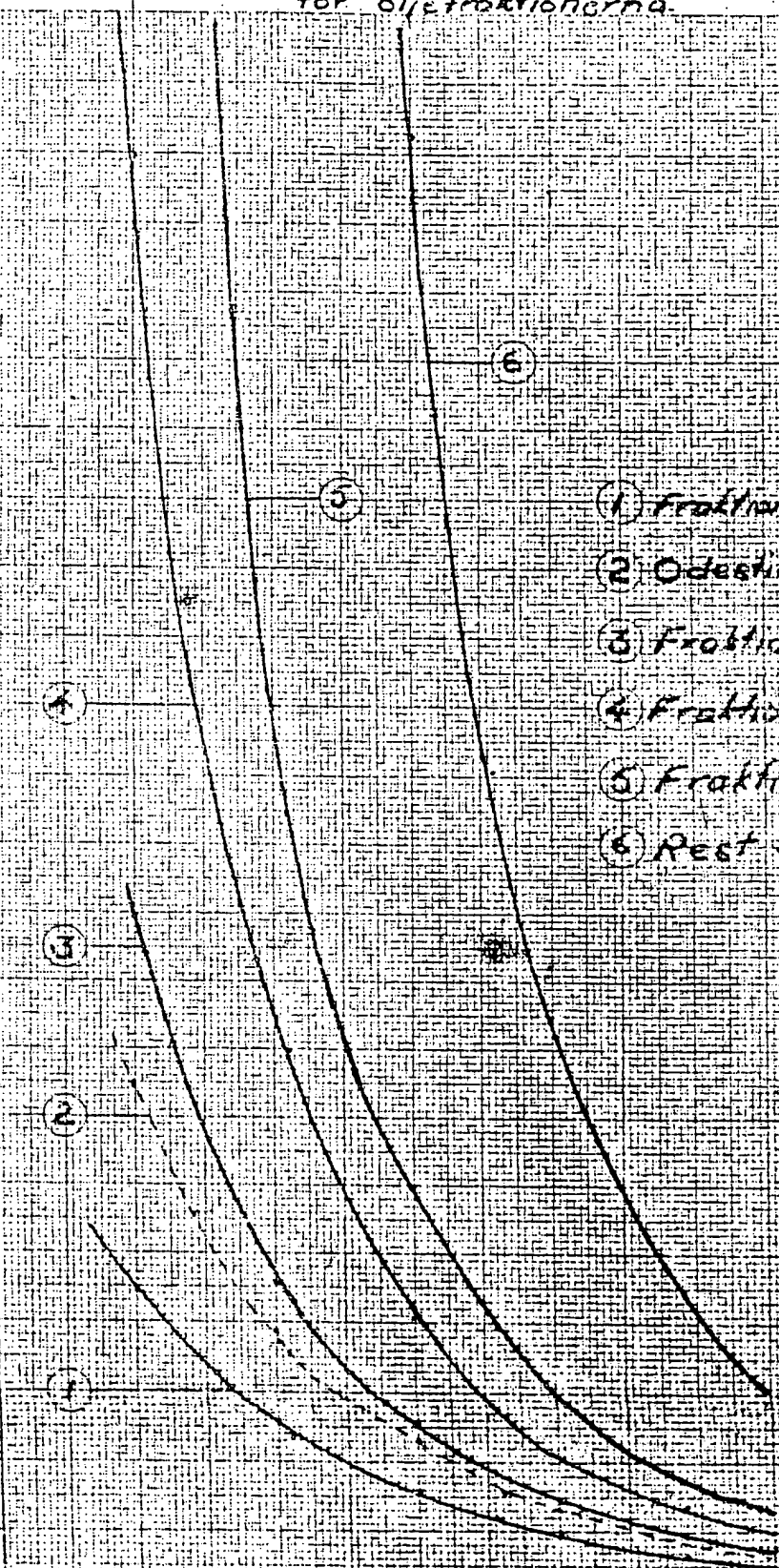
3 A 4

1-1 mm
500-500
100-100
10-10

for oljefraktionerna

Viskositet cSt

22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2



- ① Fraktion 200-215
- ② Odestillerad o/a
- ③ Fraktion 215-230
- ④ Fraktion 230-245
- ⑤ Fraktion 245-260
- ⑥ Rest >260

-40 20 0 -20 +40 +60 Temp °C